

Aus dem Institut für Klinische Strahlenkunde
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Die Arterienvarietäten der Hand

Röntgenanatomische Untersuchungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Heinz Gerd Hüring
aus Soest/Westfalen

Mainz 1974

Aus dem Institut für Klinische Strahlenkunde
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Die Arterienvarietäten der Hand

Röntgenanatomische Untersuchungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Heinz Gerd Hüring
aus Soest/Westfalen

Mainz 1974

Fachbereichsdekan: Professor Dr. R. Wolf

Referent : Professor Dr. med. E. Zeitler

Korreferent : Professor Dr. med. L. Diethelm



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A.	Einleitung 1
B.	Literatur 1
I.	Die Handarterienvarietäten in der Anatomie 1
II.	Röntgenanatomische Untersuchungen 2
III.	Klinische Bedeutung der Handarteriographie 7
C.	Methoden zum Studium der Gefäßanatomie 10
I.	Die gefäßmorphologischen Untersuchungsmethoden 10
1.	Anatomische Präparation 11
2.	Gefäßstudien in der Chirurgie 11
3.	Korrosionspräparatestudien 12
4.	Angiographie der Leichenhand 13
5.	Röntgenologisch-angiographische Studien 13
II.	Die angewandte Untersuchungsmethode 14
1.	Vorbereitung 14
2.	Apparatetechnik 15
3.	Untersuchungstechnik 16
4.	Komplikationen 16
D.	Material 17

	Seite
I.	Auswahlkriterien 17
II.	Aufschlüsselung des Untersuchungs- gutes 18
III.	Indikationen 18
IV.	Eignung des Untersuchungsgutes 19
E.	Ergebnisse 20
I.	Die arterielle Versorgung der Finger 21
1.	Vollständiger oberflächlicher Hohl- handbogen 21
2.	Unvollständiger oberflächlicher Hohl- handbogen 24
3.	Zusätzliche Variationsmöglichkeiten 35
a.	Das Hinzutreten der A. mediana 35
b.	Überkreuzung der Versorgungsgebiete 37
c.	Das Verhalten des Ramus super- ficialis A. radialis 39
d.	Die Fingerversorgung über ein Hand- rückengefäß 41
II.	Die radio-ulnaren Anastomosen 43
III.	Der tiefe Hohlhandbogen 44
1.	Geschlossener Bogen 44
2.	Nicht geschlossener Bogen 46
IV.	Der Durchmesser der A. radialis und der A. ulnaris 47
V.	Die Röntgentopographie 49
1.	Der Processus styloideus radii 50
2.	Das Os trapezium 52
3.	Die Basen der Mittelhandknochen 54
4.	Das Os pisiforme und der Hamulus 55

VI.	Das Symmetrieverhalten der Gefäß- architektur	56
1.	Symmetrie rechts - links	57
2.	Asymmetrie rechts - links	57
VII.	Angiographische Besonderheiten	58
1.	Phaenomene der Strömungsgeschwindig- keit	59
2.	Die Fließrichtung in einer Anastomose	61
3.	Die Größenschwankungen der Gefäße	62
4.	Das zweidimensionale Bild	63
F.	Diskussion	64
I.	Die Klassifikation der Varietäten	64
1.	Das Wesen der Varietäten	64
2.	Bisherige Typeneinteilungen	65
a.	die Vollständigkeit des oberflächl. Hohlhandbogens	65
b.	Die Typeneinteilung nach dem arteriellen Zustrom	67
c.	Form und Lage des oberflächlichen Hohlhandbogens	68
3.	Die Entwicklung einer Typeneinteilung als Bezugssystem	68
a.	Die Einteilung in acht Haupttypen	69
b.	Zusätzliche Variationsmöglichkeiten	71
II.	Die Häufigkeit der Varietäten	73
1.	Der oberflächliche Bogen	74
2.	Der tiefe Bogen	78
3.	Das Größenverhältnis der A.radialis zur ulnaris	79

4.	Erklärungsmöglichkeiten für die Diskrepanzen.	81
III.	Die Beziehungen der Varietäten untereinander	83
1.	Das Verhältnis der Gefäßdurchmesser zur Typeneinteilung	83
2.	Das Symmetrieverhalten	84
3.	Die Anastomosen	85
4.	Folgerungen für die Einteilungskriterien	86
IV.	Die Haemodynamik bei der Untersuchung	86
1.	Spasmen der Gefäße	86
2.	Die Strömungsphysiologie bei Untersuchungen	88
3.	Folgerung für die Anaesthesiewahl	88
V.	Schlußfolgerungen für das Verständnis der Varietäten	89
VI.	Anatomisches Gefäßmuster und pathologische Veränderungen	90
1.	Pathologie und Varietätentypen	90
2.	Der falsch-pathologische Allen-Test	91
3.	Pathologische Veränderungen und Anastomosen	92
VII.	Leitlinien für die angiographische Bildanalyse	93
1.	Topographie der Skelettbeziehungen	93
2.	Mögliche Fehlinterpretationen	95
3.	Die Möglichkeit einer vollständigen systematischen Klassifikation	96
4.	Ein Vorschlag für die röntgen-anatomische Bildauswertung	98

G. Zusammenfassung

Anhang: zusammenfassendes Schema

der röntgenanatomischen

Handarterienvarietäten.

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung	1	Der "abnorm fehlende" oberflächliche Hohlhandbogen.
	2	Typ I: das anatomische Normalbild
	3	Typ II: Versorgung aller Finger durch den oHB
	4	Typ III: Versorgung der Finger 2 bis 5 durch den oHB
	5	Typ IV: Versorgung der Finger 2 bis 5 durch den oHB
	6	Versorgung der Finger 3 bis 5 durch den oHB
	7	Typ VI: Versorgung der Finger 3 bis 5 durch den oHB, dabei keine Anastomosen zwischen dem oHB und tHB
	8	Typ VII: Versorgung der Finger 4 und 5 durch den oHB
	9	Typ VIII, keine Versorgung der Finger durch den oHB
	10	Zusatzform 1, Beteiligung einer A. mediana an der Handversorgung.
	11	Zusatzform 2: Versorgung von ulnar gelegenen Fingern direkt durch die A. radialis.
	12	Zusatzform 3: Fingerversorgung direkt durch den Ramus superficialis
	13	Zusatzform 4: Fingerversorgung direkt durch die A. metacarpea <u>dorsalis</u> II
	14	Der geschlossene tiefe Hohlhandbogen
	15	Der nicht geschlossene tiefe Hohlhandbogen
	16	Der Abgang des Ramus superficialis proximal des Processus styloideus.

Abbildung	17	Der Abgang der A. metacarpea dorsalis II in Höhe des Os trapezium
	18	Der Verlauf des tiefen Hohlhandbogens auf den Basen der Mittelhandknochen
	19	Der Abgang des Ramus profundus A. ulnaris auf Höhe des Hamulus und Os pisiforme.
	20	Die unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit bei wiederholter Untersuchung.
	21	Die Strömungsumkehr in einer Anastomose bei wiederholter Untersuchung

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle	1	Aufschlüsselung des Untersuchungsgutes
	2	Der geschlossene und nicht geschlossene tiefe Hohlhandbogen in seiner Beziehung zur Typenein- teilung
	3	Der Durchmesser der A. radialis und A. ulnaris in seiner Beziehung zur Typeneinteilung
	4	Der Ursprung des Ramus superficialis proximal des Processus styloideus.
	5	Das Größenverhältnis der A. radialis zur A. ulnaris in der Literatur
	6	Mögliche Einteilung eines vollständigen Systemes im Vergleich zu den beschriebenen Typen

Verzeichnis der Abkürzungen

U	- Untersuchungen
r	- radiale Seite
u	- ulnare Seite
oHB	- oberflächlicher Hohlhandbogen
tHB	- tiefer Hohlhandbogen
R	- Ramus

A. E i n l e i t u n g

Die Auswertung von Handarteriographien wird oft durch eine verwirrende Vielfalt von Varietäten des Gefäßverlaufes erschwert. Diese Arbeit stellt sich die Aufgabe zu untersuchen, ob und in welchem Ausmaß in dieser Vielfalt eine regelmäßige Ordnung zu erkennen ist, aus der dann ein überschaubares Typisierungsschema entwickelt werden soll. Dabei wird angestrebt, die Exaktheit anatomischer Definitionen mit praxisnaher Anwendbarkeit für die röntgen-anatomische Auswertung zu verbinden.

B. L i t e r a t u r

I. Die Handarterienvarietäten in der Anatomie

Obgleich in den heutigen anatomischen, chirurgischen und angiologischen Lehrbüchern und Atlanten nahezu übereinstimmend eine Normalanatomie der Handarterien mit geschlossenem oberflächlichen und tiefen Hohlhandbogen dargestellt ist (Rauber-Kopsch 1951, Mendlowitz 1954, Töndury 1959, Benninghoff-Goerttler 1960, Schink 1960, Spalteholz-Spanner 1961, Sobotta-Becher 1962, Schobinger 1964, Seldinger 1964, Kappert 1969, Lampe 1969) galt die Beobachtung von Varietäten des Arterienverlaufes schon seit langem als anatomisches Forschungsgebiet

(von Haller 1748, Winslow 1753)

In den ersten Arbeiten wurden jedoch nur Varietäten als Einzelbeobachtungen und Kasuistiken beschrieben. Besondere Vertiefung der Kenntnisse auf dem Gebiet des Ursprunges, des Verlaufes und des Verteilungsmusters einschließlich der Varietäten brachten die Arbeiten von Ruge (1863), Jatschinski (1897), Tandler (1897), Schwalbe (1898), Zuckerkandl (1898) und Müller (1903).

Die grundlegende und einzigartige Veröffentlichung von Adachi (1928) gilt auch heute noch als Standardwerk.

Erste Befunde über Einteilungsmöglichkeiten mit Häufigkeitsangaben wurden in diesen Arbeiten aus unterschiedlichen Gesichtspunkten und Problemstellungen heraus angegeben. Die Systematisierung der Handarterien-varietäten an Japanern von Adachi (1928) wird noch heute teilweise unverändert übernommen und zitiert (Lanz-Wachsmuth 1960). Adachi jedoch begründet differierende Häufigkeitsangaben bei den Varietäten mit einer Rassenspezifität bei Japanern, während Lippert (1969) dagegen Befunde über Verlaufsformen und Häufigkeitsverteilung der Varietäten an Europäern veröffentlichte.

II. Röntgen-anatomische Untersuchungen

Die Möglichkeit zu röntgen-anatomischen Studien an

den Handarterien besteht seit der Veröffentlichung von Haschek und Lindenthal am 23.1.1896.

Sie fertigten nach arterieller Füllung einer Leichenhand mit Teichmann'scher Masse durch 57-minütige Belichtung mit einer Crooker'schen Röhre das erste Handarteriogramm der Geschichte an. Haschek betont dazu das abnorme Fehlen des oberflächlichen Hohlhandbogens.



Abbildung I "der abnorm fehlende" oberflächliche Hohlhandbogen. Beobachtet auf der ersten Handarteriographie von Haschek und Lindenthal 1896.

Eine zwar zufällige, doch interessante Beziehung entstand anlässlich dieser Entstehung des ersten Handarteriogrammes. Der Wiener Anatom Tandler, der selbst eingehend über die Varietäten der Handarterien gearbeitet hatte, stellte diese Leichenhand für die Gefäßdarstellung zur Verfügung und legte als Anatom dadurch gleichzeitig mit den Autoren den Grundstein zur Möglichkeit röntgenanatomischer Studien der Varietäten des Gefäßverlaufes.

Nachdem die Handarteriographie am lebenden Menschen von Berberich und Hirsch (1923) eingeführt wurde, fand diese Methode Eingang in die Klinik zur Bereicherung der Diagnostik pathologischer Veränderungen im Bereich der Hand- und Digitalarterien (Allen 1929, Allen und Camp 1932, Allen 1933, 1937, Davis 1938)

Das röntgen-anatomische Studium des unterschiedlichen Verlaufes von Extremitätenarterien befaßte sich zunächst mit Formen und Verteilungsmustern der Beinarterien, da diese Untersuchungen entsprechend der häufigen klinischen Fragestellungen im Vordergrund der diagnostischen Abklärung standen (Paessler 1963, Pirker 1970). In ihnen wird in systematischen Studien auf Form und Häufigkeit der Variationsmöglichkeiten im Gefäßverlauf hingewiesen.

Auch auf den aus klinischen Gründen indizierten Handarteriographien fielen den Untersuchern abweichende Gefäßverläufe auf (Allen und Camp 1932, Allen 1937, Davis 1938), doch blieben diese Beschreibungen zunächst nur Einzelbeobachtungen. Erst in den Arbeiten von Strickland (1960), Bonte (1969), Calenow (1972) und Wegelius (1972) finden sich nähere Angaben zur Häufigkeit dieser Varietäten. Beim Studium dieser Arbeiten überrascht zunächst, daß diese Befunde weder bezüglich der Definition der Varietäten-Typen noch bezüglich der Häufigkeitsangaben miteinander verglichen werden können. Diese erheblich erschwerte und teilweise nicht mögliche Vergleichbarkeit liegt zunächst in unterschiedlich gewählten Einteilungsprinzipien begründet.

Die nicht einheitlichen Einteilungsprinzipien bei den veröffentlichten Beobachtungen erklären sich aus den verschiedenartigen wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsmethoden, unter denen man die Variabilität der Gefäße verstehen und analysieren kann. Sie läßt sich aus anatomischen deskriptiven und auch aus entwicklungsgeschichtlichen Perspektiven betrachten. Eine andere Möglichkeit besteht in der Einteilung nach Ursprung und Verlauf oder aber nach der Ausprägung

des Versorgungsgebietes des Gefäßes.

Weiter stellen sich Definitionsprobleme dort ein, wo bei Varietäten akzessorische Gefäße von selbständigen Arterien unterschieden werden müssen. Dabei taucht noch zusätzlich die Frage auf, bei welcher Größe eines akzessorischen Gefäßes dieses als selbständiges Gefäß betrachtet wird. Wie Lippert (1968) angibt, ist in anatomischen Statistiken die Zahl der Varietäten meist zu klein angegeben, da während der Präparation kleine Gefäße versehentlich abgeschnitten werden können und diese somit in die Statistik nicht eingehen.

Das analoge röntgenologisch-angiographische Problem liegt in dem vorübergehenden spastischen Verschuß eines im übrigen nicht pathologisch veränderten Gefäßes.

Die Beobachtungen dieser Arbeit sollen aus dieser grundsätzlichen definitorischen Problematik heraus aus der Perspektive des Fachgebietes der Röntgenologie eingegliedert werden, aus dem die Arbeit ihren Ursprung hat. Der leitende, ordnende Gedanke ergibt sich aus der röntgenbildanalytischen Methode bei der Diagnostik von Arteriogrammen. Die angewendete Systematik besitzt in gewissem Maße einen willkürlichen Charakter wenn sie sich bemüht, die exakten, gefäßanatomischen Definitionen mit röntgen-diagnostischer Anwendbarkeit zu verbinden.

Die angiographische Beobachtung der Gefäße bietet der Anatomie wertvolle ergänzende Informationen, und das anatomische Wissen wird durch die röntgenologischen Variationsstatistiken unter qualitativen und quantitativen Aspekten bereichert (Lippert 1966, Leonhard und Loose 1968).

III. Die klinische Bedeutung der Handarteriographie

Die Indikation zur Handarteriographie gilt nicht dem Studium der Anatomie, der Wert der arteriographischen Darstellung liegt in der klinischen Bedeutung:

- a. zum Nachweis und Ausschluß pathologischer Gefäßveränderungen,
 - b. zur Differenzierung der verschiedenen Krankheitsbilder,
 - c. zur Lokalisation pathologischer Befunde,
 - d. zur Demonstration prae- und postoperativer Befunde.
- Dabei liegen bei einer Reihe von Krankheitsbildern Erfahrungsberichte vor.

Über die Eignung der Arm- und Handarteriographie zur Lokalisation und Bestimmung der Ausdehnung bei Thrombosen und Embolien berichten Fontaine (1955) und Stuhl (1964). Bei Gefäßverletzungen lassen sich Ausmaß und Höhe des traumatisierten Bezirkes exakt lokalisieren (Stuhl 1964) und die Folgen der post-

traumatischen Ischämie dokumentieren (Wegelius 1972).

Die arterielle Verschlusskrankheit zeichnet sich durch Elongation und Schlingelung der Gefäße, durch Wandunregelmäßigkeiten, Lumeneinengungen, proximalen und distalen Verschlüssen, durch Wechsel von stenosierte und dilatierte Bezirke und durch Aneurysmenbildungen aus. (Allen und Camp 1932, Fontaine 1955, Wellauer 1957, Wertheimer 1958, Seeliger-Schopper 1969, Gremmel 1970).

Dagegen werden bei der Endangitis obliterans multiple, oft symmetrisch auftretende Verschlüsse bei kleinen und mittelgroßen Arterien an Fingern und Unterarm sowie auffällig stark geschlingelte Kollateralarterien beschrieben (Allen 1929, Klostermeyer 1950, Fontaine 1955, 1961, Isfort 1965, Takaro 1967, Zeitler 1971, Henniges und Zeitler 1973).

Eine allgemeine, gleichmäßige Einengung der Arterien, besonders eine Engstellung der A. ulnaris sowie Verschlüsse nach fadenförmiger Verengung ohne Kollateralbildung bestimmen das angiographische Bild der Sklerodermie (Vogler 1953, Strickland 1963, Gremmel 1970, Göbbeler 1974).

Für die Periarteriitis nodosa ist der Wechsel von Gefäßeinengungen mit aneurysmatischen Erweiterungen charakteristisch (Isfort 1965, Wagner 1971).

Für den Morbus Raynaud wurden zwar zuerst Stenosen

und Verschlüsse beschrieben, doch lassen sich beim primären Raynaud-Syndrom außer peripheren Engstellungen keine echt obliterierenden Befunde erheben (Klostermeyer 1950, Lynn 1955, Fontaine 1961, Seldinger 1964, Isfort 1965, Marshall 1966, Takaro 1967, Bonte 1970).

Für die rheumatoide Arthritis werden Lumeneinengungen beschrieben, die Intimaverdickungen entsprechen sowie rekanalisierte thrombosierte Gefäße (Leb 1951, Scott 1967, Laws et al. 1967, Wagner 1968).

Sowohl die digitale Arteriitis als auch die Fingernageldystrophie weisen peripher liegende Einengungen und Verschlüsse auf (Strickland 1963).

Bei der hypertrophischen Osteoarthritis wird eine enge Beziehung der generalisierten distalen Lumeneinengungen und Verschlüsse zum Ausmaß des knöchernen Befundes gesehen, bei der ausgeprägten Gicht werden ebenfalls occludierende Veränderungen sowie Engstellungen der Fingerarterien gefunden, und die Psoriasisarthritis wird häufiger von spastischen Engstellungen, jedoch gelegentlich auch von distalen Verschlüssen begleitet (Marshall 1966).

Während sich bei malignen Veränderungen an Arm und Hand typische pathologische Gefäße darstellen, zeigt das Arteriogramm bei benignen Veränderungen die Ausdehnung und Beziehung zur Umgebung und trägt wesentlich zur Differentialdiagnostik bei (Bonte 1970).

Auf das typische Bild von Aneurysmen weist Fontaine 1955 hin.

Zur Differentialdiagnostik kongenitaler Angiodysplasien ist beim Klippel- Trenaunay-Syndrom bei kleinen, multiplen, rundlich-ovalären Erweiterungen der Handarterien das Fehlen von arteriovenösen Fisteln typisch, während ihr Vorhandensein auf das F. Parks-Weber-Syndrom hinweist (Vollmar 1959, Göbbeler et al. 1974).

C. Methoden zum Studium der Gefäßanatomie

I. Die Gefäßmorphologischen Untersuchungsmethoden

Es ist nicht die Absicht dieser Arbeit, zu den bisherigen wertvollen anatomisch-morphologischen Erkenntnissen über die Handarterienvarietäten in Konkurrenz zu treten, vielmehr will sie mit den Mitteln einer anderen Untersuchungstechnik einen ergänzenden Beitrag zur Klassifikation der Handarterienvarietäten geben.

Die verschiedenen Methoden angiologisch-morphologischer Untersuchungstechniken liefern, jede für sich, wertvolle Informationen, wobei die Grenze der Erkenntnismöglichkeit im Wesen der Untersuchungsmethode selbst liegt und aus ihr heraus klar zu definieren ist.

Es sollen zunächst die bisher angewandten

gefäß-morphologischen Untersuchungsmethoden besprochen und in ihrem Aussagewert gegeneinander abgewogen werden.

1. Anatomische Präparation

- Vorteil:
- a. Die anatomischen Beziehungen werden nicht nur zu den Knochen sondern auch zu den Muskeln, Sehnen, Nerven und zum Versorgungsgebiet dargestellt.
 - b. Eine direkte Beurteilung pathologischer Gefäßveränderungen ist möglich.
 - c. Die Untersuchung erlaubt eine dreidimensionale, topographisch-anatomische Zuordnung.

- Nachteil:
- a. Selbst bei sorgfältigster Präparation werden immer kleine und kleinste Gefäße zerstört.
 - b. Es besteht kein funktionsfähiger Kreislauf, dadurch ergeben sich keine Aussagen über die Durchblutungsgröße und den Funktionszustand der Gefäße.

2. Gefäßstudien in der Chirurgie

- Vorteil:
- a. Während der Untersuchung wird der aktuelle Gefäßzustand auch im Hinblick auf seine funktionelle Änderung beobachtet.

- b. Die topographische Beziehung zu den Weichteilen ist klar zu erkennen. Die Topographie zu den Knochen ist nur begrenzt erkennbar.

Nachteil: a. Auf den Reiz des chirurgischen Eingriffes reagieren kleine und selbst größere Gefäße mit einem Spasmus oder einer Kontraktion.

- b. Kleine Gefäße werden leicht zerstört.
- c. Zur anatomischen Beobachtung der Gefäße bis zu ihren Aufzweigungen besteht während der Operation nicht genügend Zeit.

3. Korrosionspräparatstudien

Vorteil: a. Ein dreidimensionales Studium der Gefäße ist möglich (Markee 1959, Kenesi 1967)

- b. Auch kleinste Gefäße sind erkennbar.
- c. Die Gefäße sind in ihrem Füllungszustand abgebildet.

Nachteil: a. Da das Präparat nur aus Gefäßen und Knochen besteht, lassen sich keine Weichteilbeziehungen erkennen.

- b. Die Gefäßfüllung kommt durch einen unphysiologischen passiven Druck zustande. Die Viscosität des flüssigen Plastikmaterials muß berücksichtigt

werden. Kleinste Gefäße können bei der Präparation abbrechen. Eine Beurteilung des Funktionszustandes ist nicht möglich.

4. Angiographie der Leichenhand

Vorteil: a. Kleinste Gefäße werden dargestellt ohne Gefahr präparativer Zerreißung.

Es ergibt sich ein Anhalt für das Ausmaß der Durchblutungsgröße.

Nachteil: a. Weichteilbeziehungen des Gefäßverlaufes und der Versorgungsgebiete lassen sich nicht beurteilen.

b. Die Durchblutungsgröße läßt sich nur grob abschätzen, es besteht keine Möglichkeit zur Beobachtung der Haemodynamik.

c. Der neuro-muskuläre Funktionszustand ist ausgeschaltet.

5. Röntgenologisch-angiographische Studien

Vorteil: a. Es können auch kleine Gefäße bis zu 200 μ dargestellt werden. Die Grenze der Darstellungsmöglichkeit ist durch Auflösungsvermögen der röntgenologischen Abbildungssysteme (Fokus, Abstand, Film und Folie) bestimmt.

b. Verglichen mit den anderen Untersuchungsmethoden besteht hierbei die größtmögliche Annäherung an die

lebenden physiologisch-haemodynamischen Verhältnisse. Durch die Kontrastmittelwirkung auf die Gefäße selbst und durch die Beeinflussung des neuro-muskulären Funktionszustandes durch die Anaesthetie werden Grenzen gesetzt.

Die topographischen Beziehungen zum Skelett sind eindeutig zu definieren.

- Nachteil: a. Die Darstellung ist nur zweidimensional, jedoch läßt sich dieser Mangel durch zusätzliche Schrägprojektionen weitgehend ausgleichen.
- b. Die Beziehung zu anatomisch so wichtigen Geweben wie Nerven, Sehnen, Muskeln und zum versorgten Weichteilgebiet läßt sich nicht beurteilen.

II. Die angewandte Untersuchungsmethode

Grundlage dieser Arbeit über das Studium der Handarterienvarietäten bilden röntgenologisch - angiographische Untersuchungen, die während des Untersuchungszeitraumes unter einheitlichen, standardisierten Bedingungen angefertigt wurden.

1. Vorbereitung

Als Praemedikation werden dem Patienten 10 mg Polamidon intramuskulär sowie 0,5 mg Atropin sulf. subcutan

verabreicht. Durch frühzeitige Vorbereitung der Patientenhand durch Bedecken mit einem Wärmebeutel wird die Tiefenwärme der Hand auf Raumtemperatur gebracht.

In Supinationsstellung wird die Hand des Patienten mit dem Unterarm diagonal auf einem Blattfilmwechsler, Filmformat 35/35 cm gelagert, mit Schaumgummi oder Zellstoff gepolstert und zur Ruhigstellung fixiert. Es muß darauf geachtet werden, daß keine Kompression in der Achsel stattfindet.

Nach Entfettung der Haut mit Alkohol und Desinfektion mit Merphen wird der Unterarm mit einem sterilen Schlitztuch abgedeckt, dessen Öffnung die Ellenbeuge freiläßt. Anaesthesiert wird mit 5 ml 1%igem Hostacain ohne Adrenalin in der Regio cubiti über der palpablen Arteria brachialis.

2. Apparatetechnik

Die apparative Ausrüstung für die Anfertigung der Serienarteriogramme besteht aus einem AOT-Blattfilmwechsler der Firma Elema-Schönander mit dem Format 35 x 35 cm. Die Drehanodenröhre von 50 kW besitzt eine Fokusgröße von 1,2 x 1,2 mm. Da der Objektdurchmesser im Bereich der Hand nur geringe individuelle Schwankungen aufweist, werden die Untersuchungen meist mit konstanten Aufnahmedaten

durchgeführt:

45 KV, 0,032 sec. bei 30 mAs.

Der Fokusfilmabstand beträgt 1 m bei einem Objekt-filmabstand von 3 cm. Die Aufnahmen werden auf Hand und Unterarm eingeblendet.

3. Untersuchungstechnik

Die Arteria brachialis wird vor ihrer Teilung in der Regio cubiti retrograd mit einer Doppelkanüle von einem Außendurchmesser von 1,2 mm punktiert.

Nach erfolgreicher Punktion wird eine kurze Führungsspirale eingeführt über der die Kanüle im Gefäß sicher gelagert werden kann.

Die Spritze wird zur manuellen Injektion über einen Verbindungsschlauch angeschlossen. Unmittelbar vor der Kontrastmittelinjektion wird der Alpha-Rezeptorenblocker Priscol in der Dosis von 20 mg intraarteriell appliziert. Anschließend werden 15 ml Angiografin manuell injiziert, hierbei ergibt sich eine flow rate von etwa 5 ml pro Sekunde. Nach Injektion von 10 ml beginnen die Serienaufnahmen von 7 Bildern mit einer Aufnahmegeschwindigkeit von 1 Bild pro Sekunde. Zur Verwendung kommen sowohl Schwarzweißfilme (Curix RP Nr. 1) als auch Medichromfilme

4. Komplikationen

Als direkte Kontrastmittelwirkung geben die Patienten

ein tolerables Hitzegefühl in Unterarm und Hand an, welches nach 5 Sekunden regelmäßig abklingt.

Allgemeine oder lokale Komplikationen wurden während des Untersuchungszeitraumes in keinem Falle beobachtet.

Die Lokalanästhesie wird bevorzugt, da bei früheren Untersuchungen in Evipan- oder Epontol-Kurznarkose vorübergehende Atemdepressionen aufgetreten waren.

D. Material

I. Auswahlkriterien

Als Untersuchungsmaterial standen 250 Handarteriographien aus der Aggertalklinik zur Verfügung.

Da sich diese Arbeit jedoch die Aufgabe stellt, die Normalanatomie der arteriellen Versorgung mit ihren Varietäten zu beobachten, ließen sich nur 118 Fälle zur Beurteilung des Normalverlaufes der Gefäße heranziehen.

Folgende Auswahlkriterien gelten für die Auswertbarkeit der Angiogramme zur einwandfreien Bestimmung des Normalverlaufes der Gefäße:

1. Normalbefunde ohne pathologische Veränderungen.
2. Stenosen oder kurzstreckige Verschlüsse ausschließlich im Bereich der distalen Digitalarterien.

Entsprechend der Aufgabenstellung dieser Arbeit haben damit die herangezogenen, nur in der Peripherie pathologischen Arteriogramme keine Aus-

wirkung auf den anatomischen Verlauf der arteriellen Versorgung der Hand und insbesondere nicht auf das arterielle Versorgungsgebiet der Finger.

II. Aufschlüsselung des Untersuchungsgutes

Aufgeschlüsselt nach dem Alter ergibt sich folgende Einteilung des Untersuchungsgutes:

	gesamt	weiblich	männlich
3. Lebensjahrzehnt	1	0	1
4. Lebensjahrzehnt	8	5	3
5. Lebensjahrzehnt	23	9	14
6. Lebensjahrzehnt	55	14	41
7. Lebensjahrzehnt	31	1	30
gesamt	118	29	89

Durchschnittsalter männlich: 51 Jahre

weiblich: 48 Jahre

Von 58 Patienten liegt ein einseitiges Arteriogramm vor, während bei 30 Patienten beide Extremitäten untersucht sind.

Da 61 rechtsseitige und 57 linksseitige Untersuchungen vorliegen, ist keine eindeutige Bevorzugung einer Seitenlokalisation gegeben.

III. Indikationen

Die Handarteriographien wurden zur Abklärung bei folgenden klinischen Krankheitsbildern oder Fragestellungen ausgeführt:

1. Arterielle Verschlußkrankheit
2. Raynaud-Syndrom
3. Kollagenosen
4. Endangiitis obliterans
5. Diabetische Angiopathie
6. Unklare Durchblutungsstörungen

IV. Eignung des Untersuchungsgutes

Eine Heranziehung dieses Untersuchungsgutes zur Auswertung der normalen Angioarchitektur erscheint aus folgenden Gründen gerechtfertigt:

1. Obgleich durch die Aufgabenstellung der Klinik eine Auslese des Patientengutes gegeben ist, kann dennoch im Hinblick auf das anatomische Grundmuster eine zufällige Zusammensetzung des Materiales angenommen werden.
2. Angiogramme mit pathologischer Gefäßarchitektur wurden aussortiert. Besonders kritische Maßstäbe wurden an die Auswahl der auswertbaren Fälle gelegt. Eine exakte Definition normal gestalteter und nicht verlagerter Gefäße wird durch die Kenntnis der anatomisch topographischen Voraussetzungen und vor allen Dingen durch das Wissen der Darstellung und Erscheinungsformen von Kollateralen und Anastomosen und den durch sie bedingten Umbau des Gefäßsystems ermöglicht (Herget 1953, Loose 1955, Schoop und Jahn 1961).

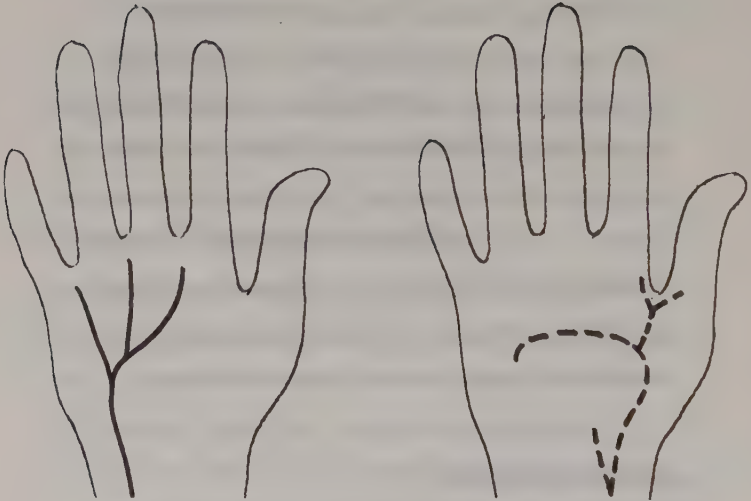
3. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens sind bestimmte Ursachen für die chronischen Digitalarterienverschlüsse bekannt (Hasse 1968, Seeliger und Schopper 1969), die in ihrer Pathogenese Mediaschädigungen unterschiedlicher Genese sowie rheumatische, humorale, haematologische, kollagene und toxische Faktoren umfassen. Eine bestimmte anatomische Varietät jedoch wurde bisher nicht eindeutig als ursächlicher Faktor in der Pathogenese der digitalen Arterienverschlüsse bewiesen.

E. E r g e b n i s s e

Damit durch die verwirrende Vielfalt der Gefäßverläufe nicht der Überblick erschwert wird, soll die Auswertung im folgenden nach einer festen Methode erfolgen:

1. Es wird in klar umrissenen Grenzen schematisiert, wobei die grundlegenden gefäßanatomischen Definitionen berücksichtigt werden.
2. Die graphische Darstellung erfolgt in zwei Stufen. Zunächst werden Verlauf und Versorgungsgebiet der A. ulnaris isoliert dargestellt. Auf einer zweiten Graphik ist die A. radialis zusätzlich in das Schema mit eingefügt.

Darstellungsform:



A. ulnaris

A. radialis

I. Die Arterielle Versorgung der Finger

1. Vollständiger oberflächlicher Hohlhandbogen

Die Aufmerksamkeit gilt zuerst dem Vorkommen und der Häufigkeit des geschlossenen oberflächlichen Hohlhandbogens, wie er als anatomisches Normalbild bis auf geringfügige Unterschiede nahezu übereinstimmend in den anatomischen, chirurgischen und angiologischen Lehrbüchern und Atlanten abgebildet ist.

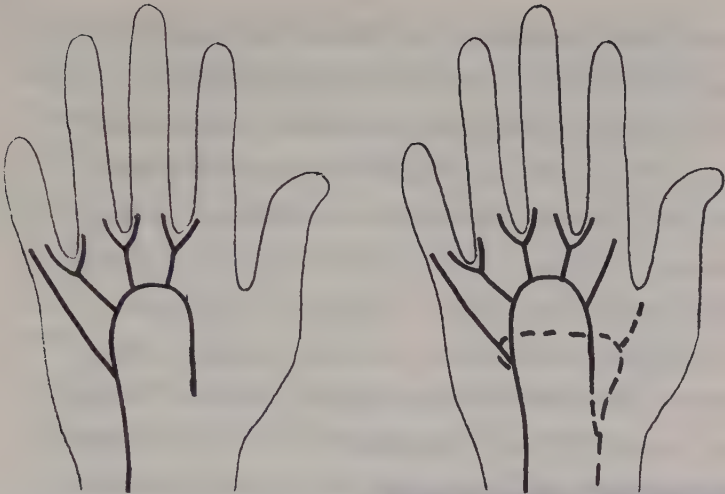


Abb.: 2

Typ I das anatomische
Normalbild, bei 10 der
118 U - 8,5 %



Als Endstrecke der A. ulnaris, die mit dem Ramus superficialis arteriae radialis anastomosiert, kommt ihm die Hauptbedeutung der arteriellen Versorgung der Finger zu. Lediglich der Daumen und die radiale Seite des 2. Fingers erhalten im anatomischen Normalfall auch direkten Zustrom aus der A. radialis oder aus dem Anfangsteil des

tiefen Hohlhandbogens, mit anderen Worten, aus der Endstrecke der A. radialis in der Hohlhand.

Das typische anatomische Grundmuster findet sich auf 10 von 118 Angiogrammen. Da alle anatomischen Hauptkriterien des Gefäßverlaufes erfüllt werden, lassen sich die 10 Fälle unter einem einheitlichen Gesichtspunkt einordnen. Allerdings wird dieses anatomische Muster nicht in allen weiteren Einzelverzweigungen der Arterien kopiert. Während nämlich die Gefäße für die Versorgung des 3. bis 5. Fingers alle aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen abgehen, erhält auch der Zeigefinger in 7 der Fälle seine beidseitige Versorgung aus dem oberflächlichen Bogen. Dieser Befund steht im Gegensatz zur sogenannten Normalanatomie, bei der die radiale Seite des Zeigefingers in der Regel aus dem tiefen Hohlhandbogen versorgt wird.

In der weiteren Aufästelung der Arterien und vor allem in der Führung des Gefäßverlaufes finden sich individuelle Ausprägungen, die keiner bestimmten Typisierung folgen und die man allenfalls als Unterklassifikation einstufen könnte. Auch auf der Abb. 2 eines vollständigen, geschlossenen, oberflächlichen Hohlhandbogens erkennt man den lehrbuchmäßigen Normalfall nicht auf den ersten Blick, obgleich alle Kriterien der Definition erfüllt werden. Dies liegt daran, daß der Gefäßverlauf selbst in keinem Falle

den allgemein dargestellten, nach distal konvexen, harmonischen Gefäßverlauf aufweist. In unterschiedlicher Ausformung kommt es dabei zu Schlängelungen und Schleifenbildungen, wobei die Anastomosierung selbst auch teilweise in einem Winkel zueinander erfolgt.

2. Unvollständiger oberflächlicher Hohlhandbogen

a. Versorgung aller Finger aus der A. ulnaris

Bei diesem Versorgungsmuster wird vom Daumen bis zum kleinen Finger die arterielle Versorgung ausschließlich von der A. ulnaris übernommen.

Abb.: 3

Typ II Versorgung aller
Finger durch den ober-
flächlichen Hohlhand-
bogen bei 4 der
118 U - 3,5 %

Abb.: 3 siehe Seite 24 a

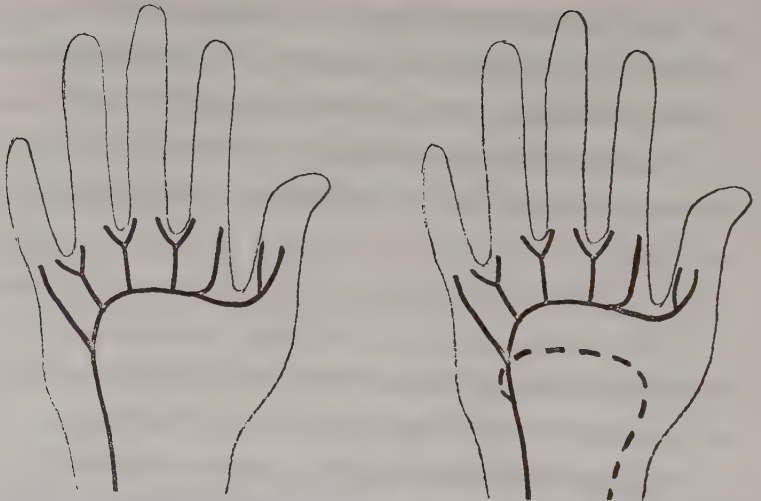


Abb.: 3

Typ II Versorgung aller Finger durch den oberflächlichen
Hohlhandbogen bei 4 der 118 U - 3,5 %

Nur in einem der 4 Fälle kommt es zu einer zusätzlichen arteriellen Versorgung des Daumens aus der A. radialis. In den übrigen Fällen dient diese nur zur Versorgung der tiefen Hohlhand und des Handrückens. Anastomosierende Verbindungen zwischen beiden arteriellen Systemen werden einmal über eine A. metacarpea beobachtet, in den übrigen Fällen erfolgt eine Anastomosierung erst im Bereiche der Digitalarterien; bei einem Gefäßbild findet sich keine Anastomosierung.

- b. Versorgung der Finger 2 bis 5 aus der A. ulnaris
- Die arterielle Versorgung von beiden Seiten des 2. Fingers bis zum 5. Finger erfolgt in 4 der 118 Angiogramme von der A. ulnaris aus. Dieses Versorgungsschema wird fast unverändert auf allen Bildern gesehen, lediglich auf einer Darstellung wird vom tiefen Hohlhandbogen die ulnare Seite des 5. Fingers versorgt.

Die Verbindung zwischen dem radialen und ulnaren Versorgungsgebiet erfolgt vielfältig, teilweise über Anastomosen der A. metacarpeae, teilweise über die A. princeps pollicis. In einem Fall läuft der Anastomosierungsweg über die A. radialis, den Ramus carpeus dorsalis und mündet in die A. digitalis communis II.

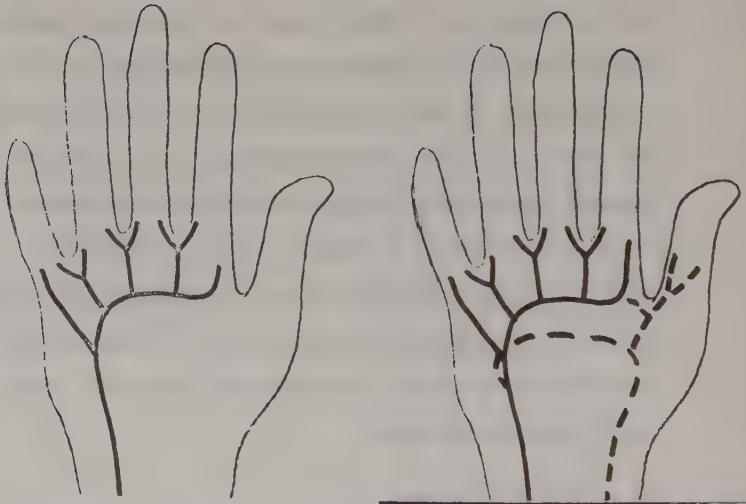


Abb.:4

Typ III, Versorgung der
Finger 2 - 5 durch den
oberflächlichen Hohlhand-
bogen bei 4 der 118 U - 3,4



Ein Ramus superficialis arteriae radialis ist
zwar in jedem Fall angelegt, über ihn erfolgt jedoch
keine Anastomosierung und er zweigt sich lediglich
zur Versorgung der Mittelhand auf.

c. Versorgung der ulnaren Seite des 2. bis zum 5. Finger
aus der A. ulnaris

Nach der Häufigkeit an 2. Stelle findet sich die digitale arterielle Versorgung von der ulnaren Seite des 2. Fingers bis zum 5. Finger aus dem oberflächlichen Bogen. In allen diesen Fällen bestehen zwischen dem ulnaren und dem radialen Versorgungsgebiet eine oder mehrere Anastomosen.

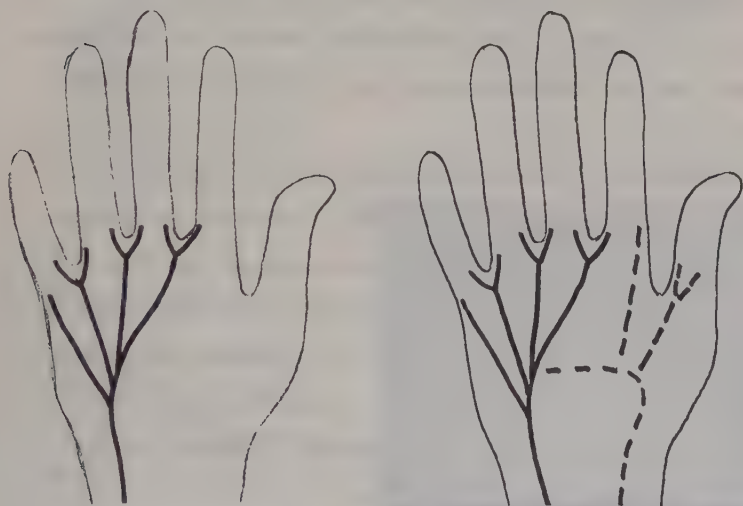


Abb.: 5

Typ IV, Versorgung der
Finger 2 u bis 5 durch
den oberflächlichen Hohl-
handbogen bei 38 der
118 U - 32 %



Die Lokalisation der Anastomosierung findet sich unterschiedlich, entweder von einem Radialisast unmittelbar zur Endstrecke der A. ulnaris, über die A. radialis zu einer A. digitalis communis, aber auch über Aa. metacarpeae und wie bereits bei früheren Typisierungen beschrieben, über den Ramus carpeus dorsalis der A. radialis. Die Versorgung des Daumens und der Radialseite des Zeigefingers wird von der A. radialis oder von der Anfangsstrecke des tiefen Hohlhandbogens übernommen.

Entsprechend der Definition ist keine Anastomosierung über einen Ramus superficialis A. radialis vorhanden. Die Form und Ausprägung des Verlaufes in der Strecke der A. ulnaris läßt zwar in keinem Falle eine distalkonvexe Bogenbildung erkennen, stattdessen weist die Endstrecke eine fächerförmige Aufzweigung auf, die, möglicherweise aus haemodynamischen Gründen, in den meisten Fällen beibehalten wird.

d. Versorgung von der ulnaren Seite des 3. Fingers bis zum 5. Finger aus der A. ulnaris mit Anastomosen

Die Endstrecke der A. ulnaris versorgt bei diesem Typus nur die ulnare Seite des 3. Fingers sowie den 4. und 5. Finger. Als häufigste Varietät wird dieser Ulnarisverlauf in 47 der 118 Hände gefunden. Bei dieser Form hat der tiefe Hohlhandbogen die Blutzufuhr bis zur radialen Seite des 3. Fingers übernommen.

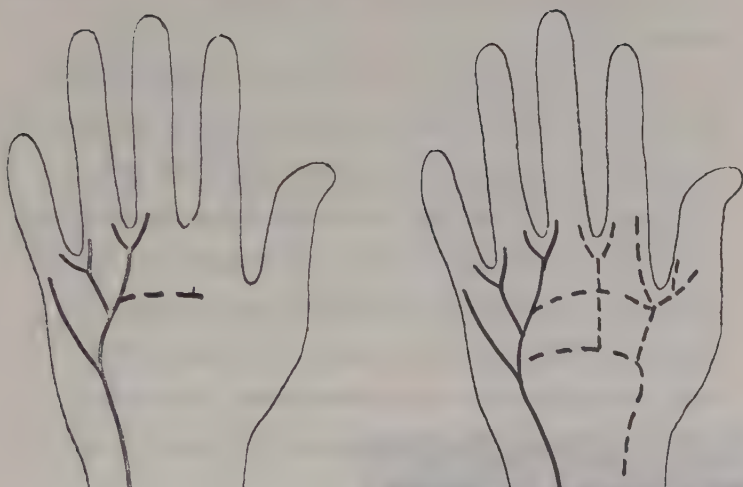


Abb.: 6

Typ V, Versorgung der
Finger 3 u bis 5 durch
den oberflächlichen
Hohlhandbogen bei
47 der 118 U - 40 %



Eine oder mehrere Anastomosen unterschiedlicher Lokalisation sind in allen Fällen zu erkennen.

Verbindungen bestehen a) zwischen dem oberflächlichen Hohlhandbogen und der A. princeps pollicis oder A. radialis indicis, b) zwischen dem oberflächlichen Hohlhandbogen und einer A. metacarpa und

c) vom oberflächlichen Hohlhandbogen zur A. digitalis communis II.

In fast allen Fällen fehlt der Ramus superficialis A. radialis völlig oder verzweigt sich in der Mittelhand ohne Anastomosen zu bilden. Bei 2 Patienten versorgt er die radiale Seite des Zeigefingers, bei 1 Patienten den Daumen, ohne unmittelbar mit dem oberflächlichen Bogen in Beziehung zu treten. Eine fächerförmige Verlaufsform, die sich schon beim vorhergehenden Typus abzeichnet, wird nach Verringerung um einen Gefäßzweig vom Muster her beibehalten.

u. Versorgung der ulnaren Seite des 3. Fingers bis zum 5. Finger aus der A. ulnaris ohne Anastomosen zum A. radialis-Gebiet

Bei gleichem Verlaufsmuster wie beim vorhergehenden Typus V, wobei der oberflächliche Bogen die Versorgung der ulnaren Seite des 3. Fingers und des 4. und 5. Fingers übernimmt, stellt diese Form in einer ganz bestimmten Weise eine Besonderheit dar. Auf den Angiogrammen kommen zwischen den radialen und ulnaren oberflächlichen Gefäßaufzweigungen keine Anastomosierungen zur Darstellung, wobei noch einmal auf das durch die apparative Ausrüstung bestimmte Auflösungsvermögen hingewiesen wird.

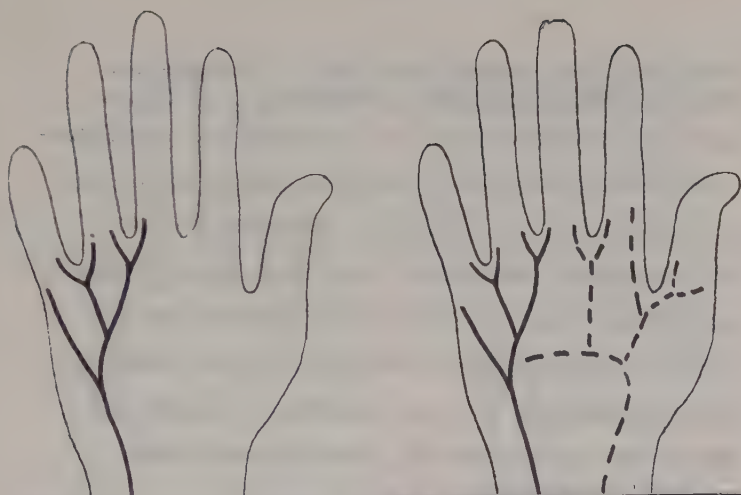


Abb.: 7

Typ VI Versorgung der
Finger 3 u bis 5 durch
den oHB, ohne Anastomosen
zwischen dem oHB und dem
tHB

bei 8 der 118 U - 6,8%



Bei 8 von 118 Fällen wird dieser Typus gefunden. Der Ramus
superficialis A. radialis nimmt in 2 Fällen an der arte-
riellen Versorgung der Finger teil, wobei er einmal mit
der A. princeps pollicis anastomosiert und einmal die A.
digitalis communis II bildet. Die Ausbildung des ober-
flächlichen Hohlhandbogens erfolgt wiederum in einer
Fächerform.

f. Versorgung der ulnaren Seite des 4. Fingers bis zum 5. Finger durch die A. ulnaris

Bei 2 von 118 Untersuchungen versorgt der oberflächliche Hohlhandbogen nur noch die ulnare Seite des 4. Fingers und den 5. Finger. Obgleich nur bei 2 Untersuchungen beobachtet, fügt sich die A. ulnaris-Aufzweigung durch nochmalige Reduzierung des versorgten Fingerbereiches eindeutig in das gewählte Einteilungsschema ein und berechtigt deshalb zur Einordnung dieser Form zu einem eigenen Typus.

Die arterielle Blutzufuhr vom Daumen bis zur radialen Seite des 4. Fingers erfolgt hierbei also durch die A. radialis.

Anastomosen ziehen vom oberflächlichen Hohlhandbogen zur A. princeps pollicis und zur A. digitalis communis II. Auf einem Bild ist der Ramus superficialis A. radialis vorhanden und versorgt die ulnare Seite des Daumens, ohne mit einem anderen Gefäß Verbindung aufzunehmen.

Durch nochmalige Reduzierung eines Fingerversorgungsgebietes der A. ulnaris-Äste bleibt bei dem Typ von der Fächerform nur noch ein Rest zurück.

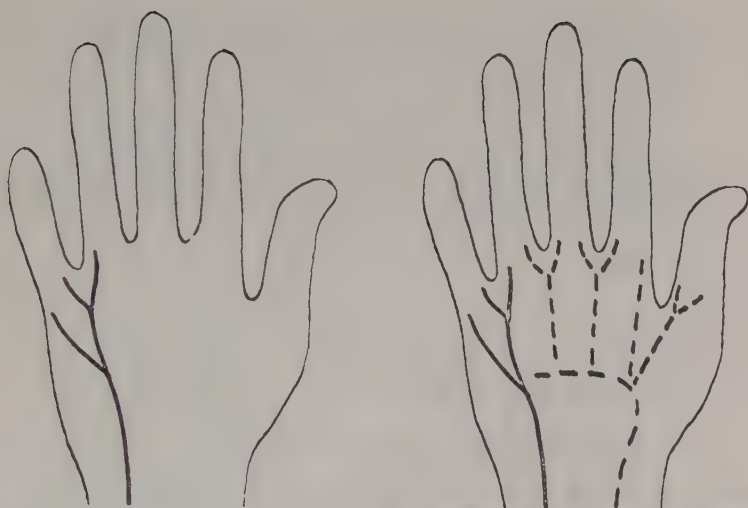


Abb.: 8

Typ VII, Versorgung der
Finger 4 u bis 5 durch
den oberflächlichen
Hohlhandbogen bei
2 der 118 U - 1,7 %



g. Versorgung aller Finger aus der A. radialis

In 5 der 118 Fälle nimmt die A. ulnaris nicht mehr durch Ausbildung einer A. digitalis communis an der Fingerversorgung teil. Sie liefert nur noch in 3 Fällen zusätzlich eine Versorgung der ulnaren Seite des 5. Fingers.

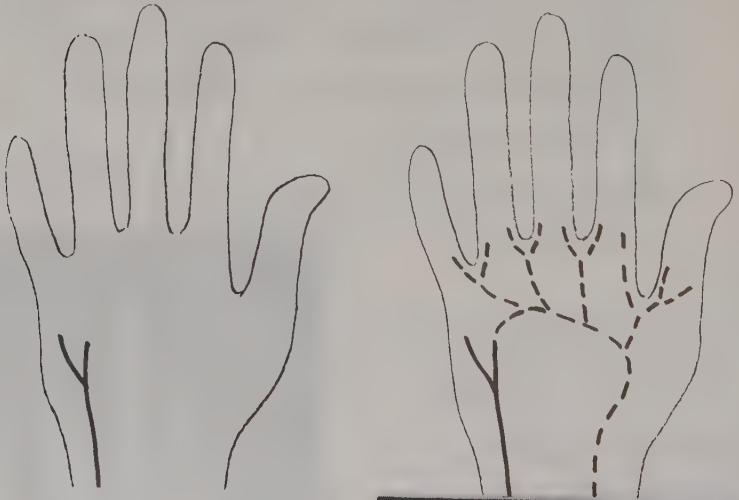


Abb.: 9

Typ VIII: keine Versorgung
der Finger durch den ober-
flächlichen Hohlhandbogen
bei 5 der 118, U - 4,2 %



Alle Finger der Hand werden daher aus dem tiefen Hohlhandbogen durchblutet.

Anastomosen im oberflächlichen Bereich schließen sich bei diesem Typus natürlich aus. Der Ramus superficialis A. radialis ist in 3 Fällen vorhanden und verzweigt sich im Hohlhandbereich.

3. Zusätzliche Variationsmöglichkeiten

Aus den 118 Untersuchungen der arteriellen Finger-versorgung lassen sich 4 Varietäten im Verlauf einzelner Gefäße nicht in das angewandte Typisierungsschema einordnen.

Da diese 4 Varietäten einzelner Gefäßverläufe jedoch zusätzlich zu bereits beschriebenen Typen hinzutreten, ist eine Einordnung zu einem selbständigen Typus nicht zulässig.

a. Das Hinzutreten der A. mediana

Eine A. mediana beteiligt sich an der arteriellen Versorgung der Hand in 3 der 118 Untersuchungen.

In allen 3 Fällen findet sie einen Anschluß an das arterielle Verteilungsmuster der beiden häufigsten Varietätentypen 4 und 5 und beteiligt sich somit an der Blutversorgung der Finger. Abgesehen von dieser Anastomosierung der A. mediana bestehen definitionsgemäß weitere

Verbindungen des radialen und ulnaren Versorgungsgebietes.

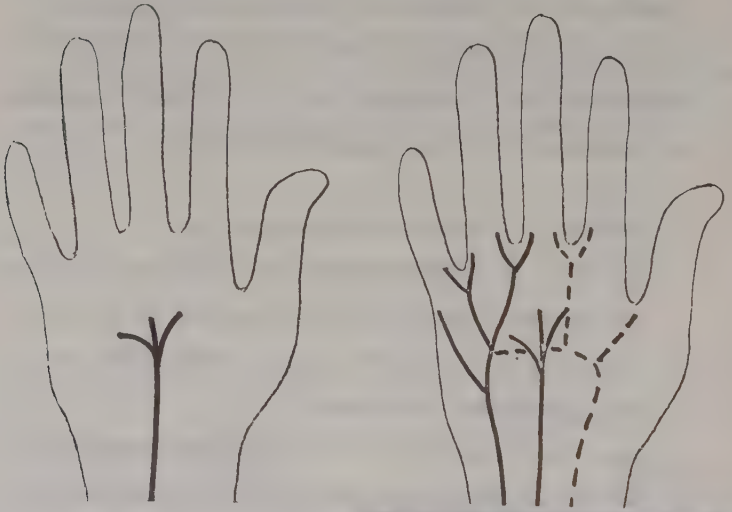


Abb.: 10

Zusatzform 1: Beteiligung
einer A. mediana an der
Fingerversorgung bei
3 der 118 U - 2,5 %



b. Überkreuzung der Versorgungsgebiete

Als 2. Untervariation soll ein besonderer Gefäßverlauf eingeordnet werden, bei dem aus der A. radialis im typischen Ulnaris-Versorgungsbereich eine ausschließliche Eigenversorgung eines Fingers stattfindet. Dabei besteht keine vorherige Anastomosierung der A. radialis mit der A. ulnaris.

Dieser, das Ulnaris-Versorgungsgebiet überkreuzende Radialis-Ast versorgt in 1 Fall die ulnare Seite des 4. Fingers und den 5. Finger, im 2. Fall zieht er zur ulnaren Seite des 4. und zur radialen Seite des 5. Fingers und im 3. Fall nur zur ulnaren Seite des 5. Fingers.

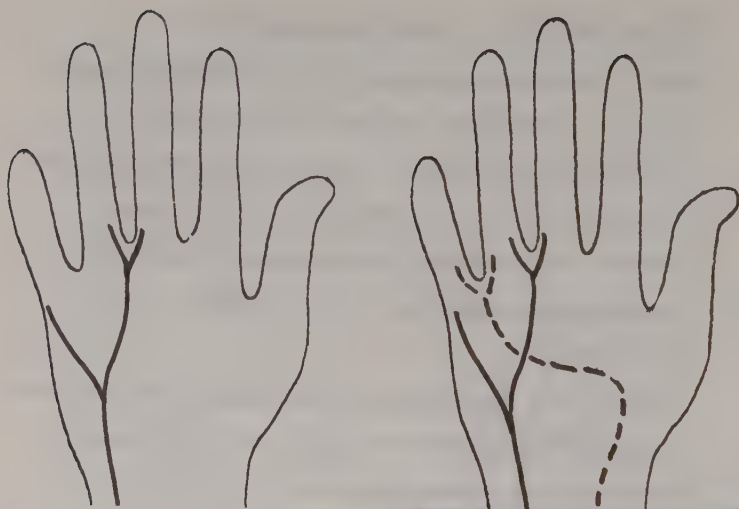


Abb.: 11

Zusatzform 2

Versorgung von ulnar gelegenen
Fingern direkt durch die A.
radialis nach Kreuzung des
oberflächlichen Hohlhandbogens
bei 3 der 118 U - 2,5 %



c. Das Verhalten des Ramus superficialis A. radialis

Ein Ramus superficialis A. radialis kommt auf 78 der 118 Angiogramme zur Darstellung. Dabei verästelt er sich in 51 Fällen in der tiefen Hohlhand, ohne weitere Verbindungen einzugehen und nimmt in 27 Fällen direkt oder durch Anastomosenbildung an der arteriellen Fingerversorgung teil. Diese 27 Fälle einer Beteiligung an der Blutversorgung der Finger sollen im Folgenden weiter aufgeschlüsselt werden.

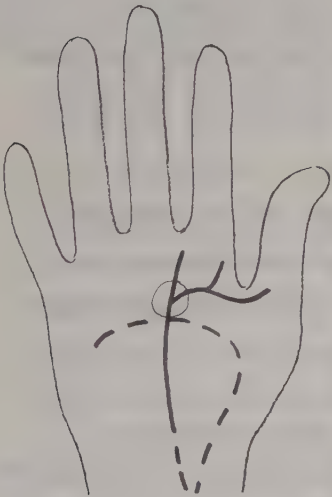


Abb.: 12

Zusatzform 3: Fingerversorgung direkt durch den Ramus superficialis A. radialis bei 8 der 118 U - 6,8 %

- ca. Das anatomische Normalverhalten des R. superficialis, der durch sein Einmünden in die A. ulnaris-Aufzweigung den oberflächlichen Hohlhandbogen bildet, ist als Typus I bereits beschrieben.
- cb. In einem Fall bildet der R. superficialis durch alleinige Versorgung der ulnaren Seite des Zeigefingers und der radialen Seite des 3. Fingers die A. digitalis communis II, und zwar beim Typus VI.
- cc. In 3 Fällen verläuft der R. superficialis ohne Anastomosienbildung unmittelbar zum Daumen und zwar 2 mal beim Typus V und 1 mal beim Typus VII.
- cd. Durch Anastomosierung mit der A. princeps pollicis nimmt der Ramus superficialis in 2 Fällen beim Typus VI an der Daumenversorgung teil.
- ce. Aus dem Ramus superficialis wird eine A. radialis indicis in 2 Fällen, die 1 mal beim Typus IV und 1 mal beim Typus V beobachtet werden.

d. Die Fingerversorgung über ein Handrückengefäß

Die Handrückengefäße sind normalerweise nur zart dargestellt und besitzen auch gegenüber den Hohlhandbögen eine untergeordnete Bedeutung für die Blutversorgung der Hand. Sie haben nur in geringem Umfange Muskeln zu versorgen, und sogar die Fingerrücken werden über Rami perforantes aus den palmaren Digitalarterien gut versorgt.

Aus diesem Grunde fällt es besonders auf, daß sich auf 17 Arteriogrammen eine Handrückenarterie kräftig darstellt.

da. Die A. digitalis communis II wird bei 8 Händen ausschließlich von einer A. metacarpea dorsalis II gebildet, eine Besonderheit, die 6 mal beim Typus V, 1 mal beim Typus VI und 1 mal beim Typus VII beobachtet wird. Damit stammt diese gemeinsame Fingerarterie nicht aus der Hohlhand; in diesen 8 Fällen kommt damit einer Handrückenarterie eine wesentliche Bedeutung bei der arteriellen Versorgung des 2. und 3. Fingers zu.

db. In 9 Fällen steht die aus dem tiefen Hohlhandbogen entspringende A. digitalis communis II in direkter, kräftig ausgebildeter Verbindung mit der A. metacarpea dorsalis II auf Höhe der Basis der Fingergrundlieder II und III.

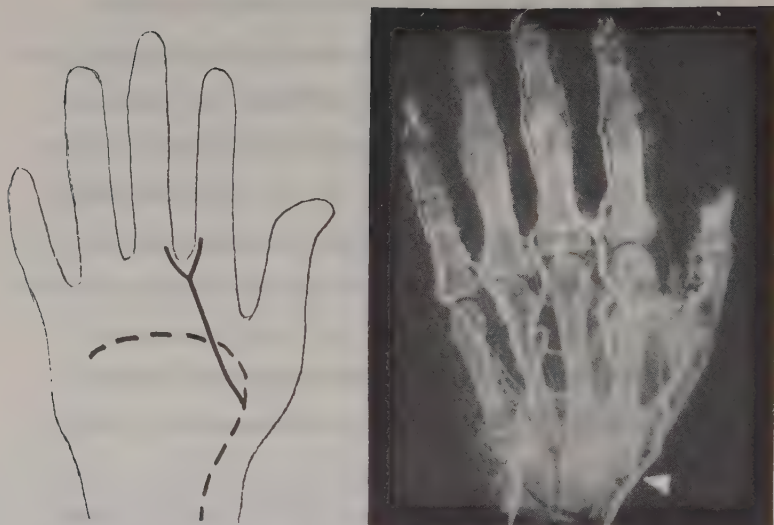


Abb.: 13

Zusatzform 4: Fingerversorgung direkt durch die
A. meta carpea dorsalis II

Diese Form wird 7 mal beim Typus IV, 1 mal beim
Typus V und 1 mal beim Typus VI beobachtet.

II. Die radio-ulnaren Anastomosen

Der oberflächliche Hohlhandbogen findet als lehrbuchmäßiger Normalverlauf in 10 Fällen über den R. superficialis Anschluß an die A. radialis. Keine Anastomosen der oberflächlichen Bögen finden sich in den 5 Fällen des Typus VIII, bei dem allerdings auch keine Verbindungen wegen der alleinigen Fingerversorgung durch die A. radialis erwartet werden können. Der Typus VI bei 8 Händen ist dadurch definiert, daß sich auf den Darstellungen keine sichtbaren Verbindungen im Bereiche des oberflächlichen Bogens erkennen lassen; 1 mal fehlt die Anastomosierung beim Typus II.

Aus dieser Zusammenstellung läßt sich ableiten, daß es bei 94 der 118 Untersuchungen auf anderen arteriellen Wegen zu einer Verbindung des oberflächlichen Bogens mit dem radialen Gefäßsystem kommt. Die häufigsten Anastomosierungswege sollen hier kurz beschrieben werden. Diese können entweder allein - oder mehr noch - in Kombination miteinander auftreten.

1. o.Bogen zum R.superficialis radialis (Normalfall)
2. o. Bogen zur A.princeps pollicis oder einem seiner Äste
3. o.Bogen zur A. digitalis communis II.
4. o.Bogen zu Aa. metacarpeae

5. o.Bogen zur A. radialis indicis

III. Der tiefe Hohlhandbogen

Die arterielle Versorgung der Finger vom tiefen Bogen her wurde bereits abgehandelt. Sie weist auf die gegenseitige Abhängigkeit mit sich ergänzendem Verhalten der radialen und ulnaren Fingerversorgung hin.

Hier soll das Vorkommen des tiefen Bogens als Grundform und sein Verhalten in der tiefen Hohlhand betrachtet werden.

1. Geschlossener Bogen

Als geschlossener tiefer Hohlhandbogen wird die Endstrecke der A. radialis gewertet, wenn sie in voller Stärke mit der A. ulnaris anastomosiert. Diese Anastomosierung wird meist durch den Ramus profundus A. ulnaris geschlossen. Nach dieser Definition sind die Hälfte der untersuchten 118 tiefen Bögen ausgebildet. Als Besonderheit erfolgt die Anastomosenbildung in 8 Fällen mit einer aus der A. ulnaris entspringenden A. digitalis minimi ulnaris oder aber mit der A. ulnaris distal der Handwurzelknochen.

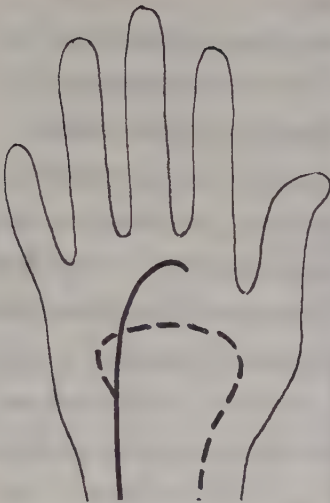


Abb.: 14

Der geschlossene tiefe Hohlhandbogen bei
59 der 118 U - 50 %

Typus	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	gesamt
geschlossen	3	2	3	19	23	4	2	3	59
nicht geschlossen	7	2	1	19	24	4	0	2	59

Tab. 2: Der geschlossene und nicht geschlossene tiefe
Hohlhandbogen in seiner Beziehung zur Typen-
einteilung

2. Nicht geschlossener Bogen

Keine Anastomosierung nach der aufgestellten Definition findet sich in der 2. Hälfte der tiefen Hohlhandbögenverläufe. Diesen 59 Fällen einer nicht geschlossenen Endstrecke der A. radialis werden die Formen zugerechnet, bei denen es nach einer Aufästelung der Endstrecke des tiefen Bogens zwischen einem dieser zarten Äste und einem ebenfalls zart ausgebildetem Ramus profundus A. ulnaris zu einer Verbindung in noch eben sichtbarem Bereiche kommt. Diese noch eben sichtbare Anastomosenbildung findet sich auf 31 Angiogrammen. Der Begriff "eben noch sichtbar" entspricht natürlich nicht der tatsächlichen anatomischen Anlage, sondern ist durch das untersuchungstechnisch bestimmte Auflösungsvermögen gegeben.

Während der oberflächliche Bogen sich in diesem Untersuchungsgut fast niemals an den anatomischen Normalverlauf mit gleichmäßig geschwungener Bogenbildung hält, bildet die distal-konvexe Verlaufsförmigkeit beim tiefen Hohlhandbogen den Regelfall. Diese Beobachtung gilt sowohl für den geschlossenen als auch für den nicht geschlossenen Bogen. Nicht die Varietät sondern die Konstanz steht bei diesem Merkmal somit im Vordergrund.

Die Einteilung des tiefen Bogens in "geschlossen" und " nicht geschlossen" läßt zu der gleichzeitig vorliegenden Form des oberflächlichen Bogens keine Beziehungen erkennen, wie aus der Tabelle 2 zu entnehmen ist.

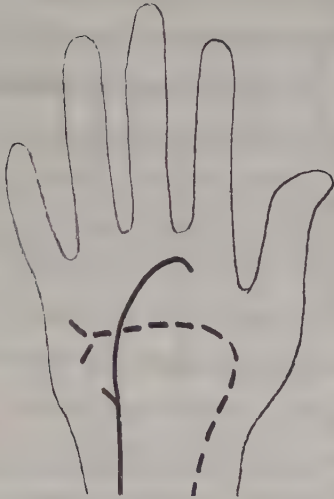


Abb.: 15

Der nicht geschlossene tiefe Hohlhandbogen
bei 59 von 118 U - 50 %

IV. Der Durchmesser der A. radialis und der A. ulnaris

Die Durchmesser der A. radialis und A. ulnaris sollen hier ausgewertet und miteinander verglichen werden. Als Maßstab wird jeweils der Durchmesser

der Arterien im Angiogramm im Übergang von Unterarm zum Handgelenk auf der Linie der Articulatio radio - carpea gewählt. Diese Meßmethode hat den Vorteil, daß sie Vergleiche mit den auf der gleichen Höhe durchgeführten Untersuchungen von Jatschinski (1897) und Adachi (1928) gestattet.

Typus	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	gesamt
radialis größer	9	0	0	13	42	8	2	5	79
radialis gleich	0	0	4	16	5	0	0	0	25
ulnaris größer	1	4	0	9	0	0	0	0	14

Tab. 3: Der Durchmesser der A. radialis und A. ulnaris in seiner Beziehung zur Typeneinteilung

Da der absolute Gefäßdurchmesser vom aktuellen Gefäßzustand mit seiner dynamischen Durchblutungsgröße abhängt, werden nur die Durchmesser der A. ulnaris und A. radialis einer jeden Hand einzeln miteinander verglichen und in Beziehung zueinander

gesetzt. Dabei schwankt der Durchmesser der A. radialis von maximal 4,0 mm bis minimal 1,8 mm, der Durchmesser der A. ulnaris von maximal 3,8 mm bis minimal 1,0 mm. Im gesamten Untersuchungsmaterial beträgt der durchschnittliche Gefäßdurchmesser der A. radialis 2,8 mm und ist damit durchschnittlich 0,4 mm größer als der Durchmesser der A. ulnaris mit 2,4 mm.

Aus der Tabelle läßt sich eine klare Beziehung ablesen. Der Durchmesser ist direkt abhängig vom Ausmaß des arteriellen Versorgungsgebietes. So ist die A. ulnaris immer größer als die A. radialis, wenn sie alle Finger versorgt.

Bei der stufenweisen Abgabe eines Versorgungsgebietes von der A. ulnaris an die A. radialis wird ein Muster erreicht, bei dem beide Gefäße ein ausgeglichenes Größenverhältnis zueinander besitzen. Dabei sind beide Gefäße entweder gleich groß oder aber - in gleicher Häufigkeit - ein Gefäß ist in gleicher Häufigkeit größer als das andere.

Vom Typus V ab, d.h. beginnend mit der Versorgung der ulnaren Seite des 3. Fingers, ist die A. ulnaris immer kleiner als die A. radialis.

V. Die Röntgentopographie

Bei den bisherigen Beobachtungen wurde ausschließlich das Muster der Gefäßanatomie isoliert betrach-

trachtet, ohne die topographische Beziehung zur Umgebung zu berücksichtigen. Doch während die anatomischen Auswertungen durch das Verhalten der Gefäße mit ihren Aufästelungen zu Nerven, Sehnen und Muskeln erleichtert wird, braucht die angiographisch - anatomische Auswertung nicht vollständig auf zusätzliche topographische Beziehungen zu verzichten. Im angiographischen Bild kommen die Gefäßverläufe bei strenger, konstanter volar-dorsal-Projektion in ihrem Verhalten gegenüber dem Skelettsystem zur Darstellung. Im folgenden soll daher untersucht werden, ob und in welchem Ausmaße sich konstante, reproduzierbare topographische Beziehungen finden lassen, die einer routinemäßigen röntgendiagnostischen Auswertung dienlich sein können.

1. Der Processus styloideus radii

Die Spitze des Processus styloideus radii stellt einen wichtigen röntgen-topographischen Beziehungspunkt zum Ramus superficialis dar. In keinem der 78 Fälle, in denen dieser gefunden wird, entspringt er distal des Processus aus der A. radialis. Das entspricht dem anatomischen Verlauf, bei dem die A. radialis unmittelbar distal des Processus styloideus auf den Handrücken steigt und von dort her kein Gefäß der volaren Hohlhand abgeben kann.

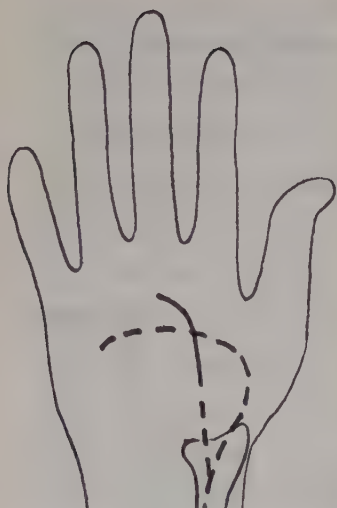


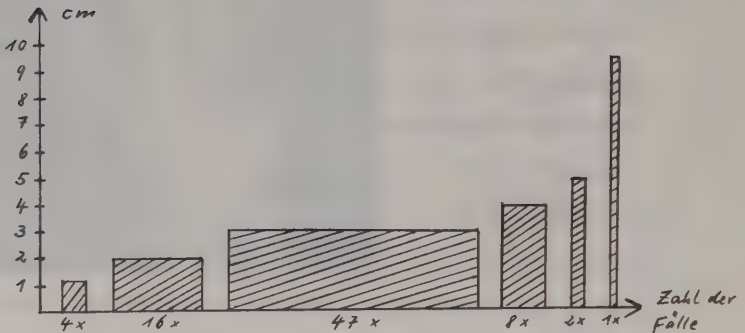
Abb.: 16

Der Abgang des Ramus superficialis A. radialis
proximal des Processus styloideus

Die Abgangsstelle des Ramus superficialis aus
der A. radialis liegt bis zu 9,7 cm proximal der
Spitze des Griffelfortsatzes, in mehr als der
Hälfte der Fälle beträgt der Abstand jedoch
2 bis 3 cm.

Tab. 4:

Der Ursprung des Ramus superficialis proximal
des Processus styloideus



Aus der Tabelle ist zu entnehmen, mit welcher Häufigkeit und in welchem Abstand vom Processus styloideus radii der Ramus superficialis A. radialis entspringt. Zur röntgen-topographischen Bestimmung des R. superficialis muß also in diesen Abständen proximal des Griffelfortsatzes gesucht werden.

2. Das Os trapezium

Unter den zusätzlichen Variationsmöglichkeiten wurde auf die Bedeutung der A. metacarpea dorsalis II für die Fingerversorgung hingewiesen. Mit Recht ergibt

sich die Frage, wie diese Feststellung denn mit der durchgeführten Untersuchungsmethode in der volar - dorsal Projektion gewonnen werden kann. Erst die Zusammenschau der angiographischen Bilder mit der anatomischen Verlaufsform ermöglicht diese Beobachtung. Die A. radialis verläuft von der Spitze des Processus styloideus radii an bis zum Spatium interosseum I auf dem Handrücken. Gefäßäste, die aus diesem Abschnitt entspringen, können deshalb nur auf dem Handrücken verlaufen. Nach dieser theoretischen Überlegung wird der Beweis durch Angiogramme geführt, die in seitlicher Projektion angefertigt werden.

Auf Höhe des Os trapezium entspringt in allen 17 Fällen die A. metacarpea dorsalis, die entweder die gemeinsame Fingerarterie II alleine bildet oder mit dieser eine kräftig ausgebildete Anastomose eingeht. In Umkehrung kann man daraus folgern: das Gefäß, welches aus der A. radialis in Höhe des Os trapezium entspringt, muß wegen seiner topographischen Lage eine Handrückenarterie sein.

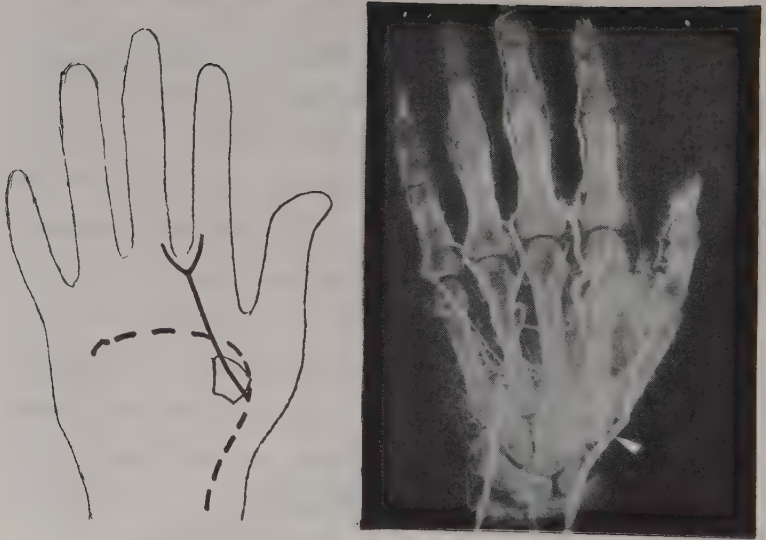


Abb.: 17

Der Abgang der A. metacarpea dorsalis II auf
Höhe des Os trapezium

3. Die Basen der Mittelhandknochen

Der tiefe Hohlhandbogen liegt mit seiner nach distal konvex ausgebildeten Krümmung in 75 der 118 Fälle unmittelbar auf der Basis des 2., 3. und 4. Mittelhandknochens. In 32 Fällen entfernt er sich mit dem Scheitelpunkt seines Bogens bis zu 0,5 cm vom Übergang der Basis zum Schaft der Mittelhandknochen, in 10 Fällen bis zu 1 cm und nur in einem Fall bis zu 1,5 cm nach distal. Damit weist der tiefe Hohlhandbogen eine hohe Konstanz auf in seinem röntgen-topographischen Verhalten. Für die Bestimmung der Röntgenanatomie stellt dies einen wertvollen Anhaltspunkt dar.

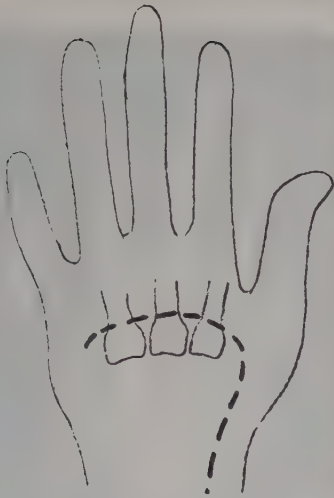


Abb.: 18

Der Verlauf des tiefen Hohlhandbogens auf den
Basen der Mittelhandknochen

4. Das Os pisiforme und der Hamulus

Auf den 118 Angiogrammen läßt sich in 95 Fällen
der Ursprung des Ramus profundus aus der A. ulnaris
zwischen dem Os pisiforme und dem Hamulus bestimmen,
wobei die A. ulnaris radial dieser Skelettprojektionen
liegt.

2 Rami profundi lassen sich nur 18 mal beobachten,
wobei der distal abgehende Ramus in Höhe des Hamulus,
und der proximale Ramus in Höhe des Os pisiforme

aus der A. ulnaris entspringt.

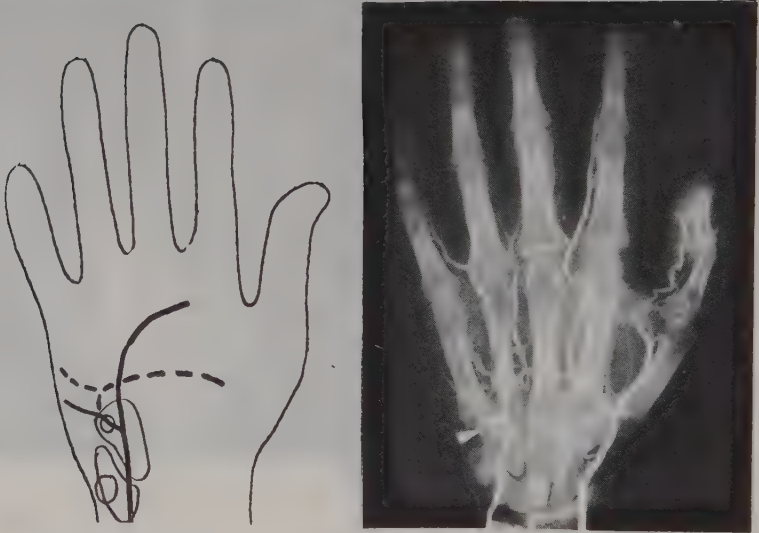


Abb.: 19

Der Abgang des Ramus profundus A. ulnaris
auf Höhe des Hamulus und Os pisiforme

VI. Das Symmetrieverhalten der Gefäßarchitektur

Etwa die Hälfte aller Untersuchungen erfolgte an beiden Extremitäten gleichzeitig, und zwar bei 60 der 118 Angiogramme. Damit steht von 30 Patienten ein Material zur Verfügung, welches sich auch im Hinblick auf das Symmetrieverhalten der Gefäßmuster auswerten läßt.

Wie in den vorhergehenden Beobachtungen beschrieben, betrifft der Variationsreichtum der Gefäßverläufe die arterielle Fingerversorgung und nur in geringem Umfang den tiefen Hohlhandbogen. Deshalb wird im folgenden nur die Beobachtung und Schematisierung des oberflächlichen Hohlhandbogens für diese Fragestellung herangezogen.

1. Symmetrie rechts - links

Überraschend häufig liegt bei 17 der 30 Patienten ein identisches Versorgungsmuster nach den erarbeiteten Einteilungskriterien vor. Abweichungen voneinander ergeben sich durch Kombination oder Ersatz durch die zusätzlichen Variationsmöglichkeiten, die bis auf 2 Fälle jedoch auch wieder symmetrisch angelegt dargestellt sind.

Bei diesen 17 von 30 Patienten ist also eine außerordentlich starke Symmetrietendenz festzustellen.

2. Asymmetrie rechts - links

Bei 13 der 30 beiderseits vorliegenden Angiogramme liegt nicht der gleiche Versorgungstyp vor.

Bei weiterer Aufschlüsselung ergibt sich jedoch, daß sich in 11 Fällen die arterielle Versorgung der einen Hand von dem Gefäßmuster der anderen Hand nur durch eine einzige Stufe der Typeneinteilung

unterscheidet. Aus den gewählten Typisierungsdefinitionen ergibt sich, daß die Asymmetrie in diesen Fällen nur durch eine einzige A. digitalis communis gegeben ist, von denen auf der einen Seite der Hände eine weniger aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen entspringt als auf der anderen Seite. Noch geringer ist der Unterschied bei den 5 Angiogrammen mit der Gefäßaufzweigung des Typus V und VI, da hierbei lediglich das Vorhandensein bzw. die Abwesenheit von Anastomosen die Einteilungsdefinitionen bildet.

Nur in den verbleibenden 2 von 30 Fällen liegt ein völlig abweichendes Gefäßmuster im Seitenvergleich vor, welches sich nicht auf einfache Weise durch Einfügen einer einzelnen Fingerarterie zur symmetrischen Übereinstimmung bringen läßt.

Wenn auch das Verhalten der Gefäßmuster rechts zu links als Asymmetrie definiert wird, läßt sich doch durch die nur geringe Unterschiedlichkeit bei 11 dieser 13 Patienten eine starke Symmetrietendenz feststellen.

VII. Angiographische Besonderheiten

Durch unzureichende arteriographische Untersuchungen, bei denen auf den ersten Serienarteriogrammen die

arteriellen Gefäße bis zur Peripherie nicht vollständig gefüllt wurden, ergab sich die Notwendigkeit einer zweiten Arteriographieserie. Auf den Bildern, die nach dieser 2. Kontrastmittelinjektion angefertigt wurden, lassen sich im Vergleich mit der ersten Serie einige Besonderheiten erkennen, die unter verschiedenen Aspekten von Bedeutung sind.

Auf diese Weise werden-eher durch Zufall-Besonderheiten der röntgenanatomischen Untersuchungsmethode bekannt, deren Kenntnis für das angiologisch-diagnostische Verständnis wichtig sind und die für das Verständnis von Veränderungen, die durch die Untersuchungsmethode bedingt sind, einen Einfluß haben.

1. Phaenomeene der Strömungsgeschwindigkeit

Beim Vergleich der Zweitserie mit der Erstserie fallen 2 Fließphaenomeene auf. Betrachtet man zunächst den kleinen Finger, erkennt man die Versorgung seiner ulnaren Seite aus der A. radialis über den tiefen Bogen und den Zustrom zu seiner radialen Seite aus der A. ulnaris. Während auf dem Bild der ersten Serie die A. ulnaris-Versorgung mit der Spitze der Kontrastmittelsäule zuerst erfolgt, wird bei der 2. Serie zuerst die ulnare Seite des Kleinfingers vom tiefen Bogen her durchblutet. Es liegt also eine Umkehr in der Reihenfolge der Durchblutung vor.

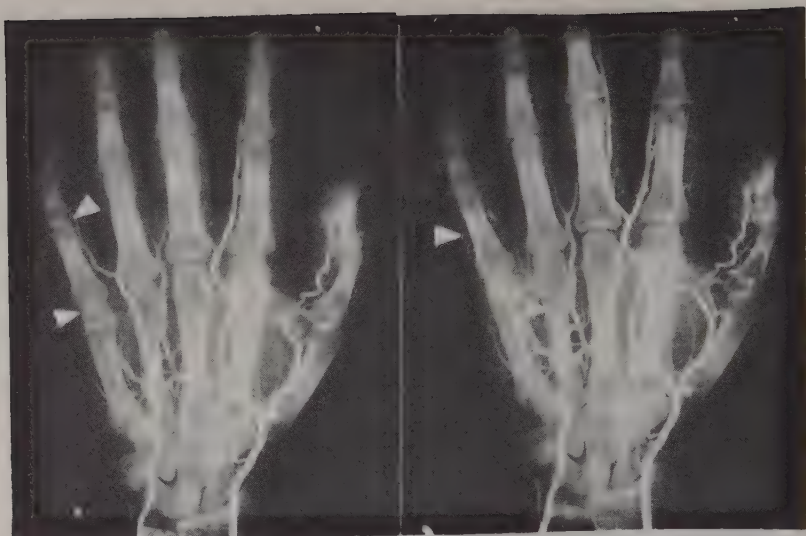


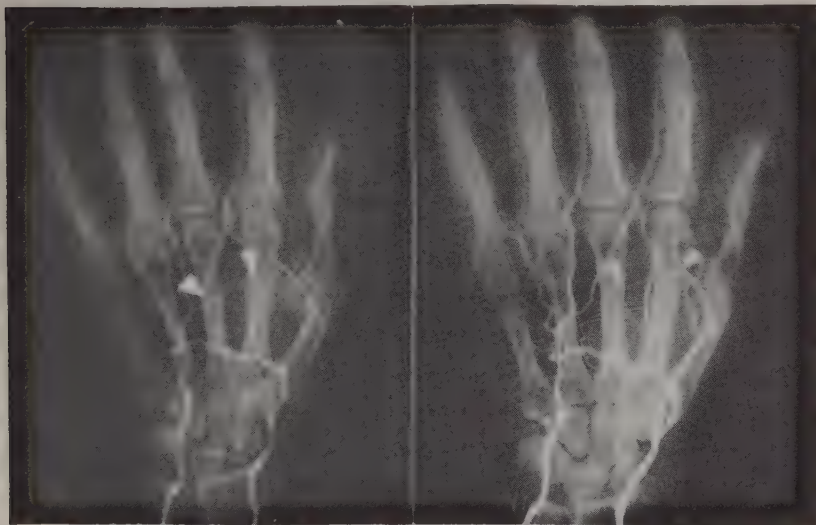
Abb.: 20

Die unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit bei wiederholter Untersuchung

Könnte diese Beobachtung noch durch eine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit in der A. radialis gegenüber der A. ulnaris erklärt werden, so deckt doch eine 2. Beobachtung noch ein weiteres Phaenomen auf: bei alleiniger Beobachtung der A. ulnaris-Aufzweigung sind auf dem 1. Bild die Kontrastmittelspitzen in beiden Ästen auf gleicher Höhe, während auf dem 2. Bild der ulnar gelegene Ast weit in seiner Durchblutung zurückbleibt.

Dieses Phaenomen betrifft also ein einzelnes Versorgungsgefäß mit seiner Aufzweigung.

2. Die Fließrichtung in einer Anastomose



1. Serie

2. Serie

Abb.. 21

Die Strömungsumkehr in einer Anastomose bei
wiederholter Untersuchung

Bei diesen 2 aufeinanderfolgenden Serien soll
das Strömungsverhalten in der Anastomose zwischen
A. radialis indicis - als Ast der A. princeps
pollicis - und dem oberflächlichen Hohlhand-
bogen betrachtet werden.

Während auf der 1. Serie diese Anastomose vom oberflächlichen Bogen her durchströmt wird und die Fließrichtung auf die A. radialis indicis zielt, kommt es bei der 2. Serie zu einer Änderung der Fließrichtung von der A. radialis indicis her zum oberflächlichen Hohlhandbogen (dem A. ulnaris-Gebiet).

Durch eine Zweitinjektion kommt es damit in einem Anastomosengefäß zu einer Umkehrung der Durchströmungsrichtung, die zuerst vom ulnaren zum radialen Versorgungsgebiet, nach der Zweitinjektion vom radialen zum ulnaren Gebiete verläuft.

3. Die Größenschwankungen der Gefäße

Bei den Zweitinjektionen fällt eine Größenzunahme der A. radialis und der A. ulnaris auf, obgleich unveränderte Projektionsverhältnisse bestehen. Gemessen und verglichen werden die Gefäßdurchmesser am Übergang des Unterarmes zur Handwurzel . Das Ausmaß der Größenänderung ist unterschiedlich, bei der A. radialis beispielsweise von 2,1 auf 2,8 mm und 2,6 auf 3,0 mm, bei der A. ulnaris von 1,8 auf 2,0 bzw. von 1,8 auf 2,2 mm.

Diese Beobachtungen weisen auf den Einfluß des

aktuellen neuromuskulären Funktionszustandes der Gefäße hin.

4. Das zweidimensionale Bild

Eine der methodischen röntgen-anatomischen Nachteile besteht in der Projektion des dreidimensionalen Gefäßverlaufes auf eine Ebene. Deshalb muß den Kriterien der Röntgenbildanalyse besondere Beachtung geschenkt werden. So lassen sich überkreuzende Gefäße von ineinander einmündenden durch Summationsschattenbildung und abrupte Kalibersprünge unterscheiden. Weiterhin können Schleifenbildungen, die senkrecht zur Untersuchungsebene stehen, Verschlüsse vortäuschen. In 3 Fällen ergibt sich dieses Problem bei der A. princeps pollicis, die - wahrscheinlich wegen der besonderen Beweglichkeit des Daumens - in Form einer Schleifenbildung zum Daumen zieht. Differentialdiagnostische Schwierigkeiten lassen sich in diesen Fällen durch Schrägaufnahmen lösen, wobei durch Kippung der Hand nach radial sich diese Schleifenbildung aufdrehen läßt.

Wie bereits in dem Abschnitt über den Ursprung eines kräftigen Handrückengefäßes auf Höhe des

Os trapezium angegeben wurde, sind das Erkennen und die Verlaufsbeobachtung von Handrückengefäßen auf einem zweidimensionalen Bild problematisch. Einen eindeutigen Beweis liefert in diesen Fällen nur das zusätzliche Heranziehen einer zweiten Aufnahmeebene, wobei sich die dorsal verlaufenden Gefäße am günstigsten in streng seitlicher Projektion abbilden lassen.

F. Diskussion

I. Die Klassifikation der Varietäten

1. Das Wesen der Varietäten

Die Varietät ist eine angeborene, vererbliche oder nicht vererbliche Abweichung vom Typus, welche im Gegensatz zur Mißbildung die Selbsterhaltungsfähigkeit des Individuums nicht oder nicht erwähnenswert herabsetzt. Die bis zum Ausgang des vorigen Jahrhunderts herrschende Lehre über das Wesen der Arterienvarietäten erklärt das Entstehen der Arterienverläufe aus einem diffus im Körper angelegten Netz, aus dem sich die Arterien durch die Blutströmung zufällig differenzieren (Baader-Krause zit. n. Müller 1903). Die Zahl der möglichen Varietäten wurde als schrankenlos angesehen (Baader).

Gegen diese Auffassung wendet sich als erster Ruge 1883, der in der Ausbildung der Varietäten entwicklungsgeschichtliche, gesetzmäßige Stufen erkennt. Daraus ergibt sich zwangsläufig, daß die Zahl der möglichen Varietäten keineswegs unbeschränkt ist (Schwalbe 1898).

2. Bisherige Typeneinteilungen

a. Die Vollständigkeit des oberflächlichen Hohlhandbogens

Beim ersten Schritt der Einteilung der Handarterienvarietäten findet man in der Literatur immer eine Einteilung nach dem Vorhandensein oder dem Fehlen eines Arcus superficialis. Die Bezeichnungen dafür variieren: geschlossen - nicht geschlossen (Browning 1955, Lippert 1968), vollständig - unvollständig (Lanz/ Wachsmuth 1959); komplett - inkomplett (Coleman 1961, Calenow 1972)

Die Häufigkeitsangaben für die Einteilung schwanken beträchtlich. Als komplett wird er mit 78 % beschrieben (Coleman 1961, Calenow 1973), als vollständig in 57 % (Lanz/Wachsmuth 1959) als geschlossen in 42 % (Lippert 1968).

Die unterschiedlichen Formulierungen und die abweichenden Häufigkeitsangaben weisen auf eine

Definitionsproblematik hin, die nicht immer eindeutig geklärt ist.

Diese Arbeit möchte den Begriff "vollständiger oberflächlicher Hohlhandbogen" für die Fälle verstanden wissen, in dem der lehrbuchmäßige Regelfall die anatomischen Definitionen präzise berücksichtigt. Das ist bei 10 der 118 Untersuchungen der Fall.

Bei den Begriffen "unvollständig" oder "nicht geschlossen" dürfte das Vorhandensein und das Fehlen von Anastomosen eine Rolle spielen, wie aus einigen Hinweisen geschlossen werden kann. Bei dem vorliegenden Untersuchungsgut findet sich jedoch in nur 8 der 118 Fälle keine anastomosierende Verbindung zwischen dem oberflächlichen Hohlhandbogen und dem Aufzweigungsgebiet der A. radialis.

Für die Einordnung, die diese Arbeit in bestimmte Varietäten - Typen trifft, soll dieses Kriterium keine Rolle spielen. Bereits Adachi hielt die Ausformung des oberflächlichen Bogens als Typisierungsmerkmal für nebensächlich, während das wesentliche Problem in der Beobachtung der arteriellen Versorgungsgebiete liegt.

b. Die Typeneinteilung nach dem arteriellen Zustrom
Beim Vergleich der Literatur stößt man auf eine gewisse Einheitlichkeit in der Einteilung nach bestimmten Typen.

Diese richtet sich nach den zuführenden Arterien mit ihren Verbindungen untereinander. So gibt Arnold (1847) 6 Anomalien an, wobei er sich nach der Ausformung des oberflächlichen Bogens richtet: ulnar, radio-ulnar, mit einer A. mediana, Bogen fehlt, Bogen ist schwach, Bogen ist verdoppelt. Auf die Angabe von 3 Typen beschränken sich Lanz, Wachsmuth (1959) und Hafferl (1953): radio-ulnar, ulnar, mediano-ulnar.

Weniger einheitlich wird die Einteilung der Autoren, die 4 Varietäten beschreiben.

Henle (1876) Einteilung: oberflächlicher Bogen fehlt, ist schwach, stark oder doppelt.

Bei Jatschinski (1897) und Jones (1944) findet sich eine gleiche Einteilung: radio-ulnar, ulnar, mediano-ulnar, radio-mediano-ulnar.

Eine noch größere Typenanzahl nehmen Coleman (1961), Lippert (1968) und Calenow (1972) mit einer Einteilung in 9 Varietäten vor, die sich untereinander allerdings leider nicht gleichen. Diese erfolgen bei Coleman und Calenow zunächst

nach komplett und inkomplett sowie in weitere Unterteilungen, und bei Lippert in geschlossen und offen mit ebenfalls weiteren Unterteilungen.

Differenzierte Häufigkeitsangaben sind besonders von den beiden letzten Autoren erarbeitet, die im einzelnen miteinander und mit den Ergebnissen dieser Arbeit noch weiter unten verglichen werden sollen.

c. Form und Lage des oberflächlichen Hohlhandbogens

Die Form des Bogens wird übereinstimmend als distal-konvex beschrieben und seine Lage wird auf der Mitte der Metacarpalknochen angegeben. Hafferl (1953), Spalteholz-Spanner (1961) geben einen konstanten Abstand des oberflächlichen zum tiefen Bogen von 2 cm und Martin (1956) von 1,25 cm an.

Die Beobachtungen dieser Arbeit lassen keine konstante Beziehung des oberflächlichen Bogens zum tiefen Bogen und keine feste, reproduzierbare Beziehung zum Knochensystem erkennen.

3. Die Entwicklung einer Typeneinteilung als Bezugssystem

Diese Arbeit bemüht sich, in das zufällige Nebeneinander deskriptiver Varietätentypen ein schematisiertes, logisch aufeinander folgendes Bezugssystem zu entwickeln. Die Exaktheit anatomischer Definitionen und Bezeichnungen der Gefäße in ihrem Ursprung,

Verlauf und ihrer Anastomosierung wird eingehalten, während dagegen die Verlaufsform der Arterien nicht als zwingende Voraussetzung für eine Einordnung angesehen wird. Ein Gefäßverlauf mit einem geschlossenen, vollständigen oberflächlichen Hohlhandbogen wird beispielsweise als normal eingeordnet, wenn die Endstrecke der A. ulnaris mit dem Ramus superficialis der A. radialis in kräftig ausgebildeter anastomasierender Verbindung steht. Eine nach distal konvexe Ausbildung des Bogens stellt keine Voraussetzung für diese definitorische Einordnung dar. Eine Anastomosierung wird immer dann gewertet oder beschrieben, wenn ein Verbindungsgefäß in voller Stärke in ein anderes Gefäß einmündet ohne sich vorher aufzuästeln.

a. Die Einteilung in 8 Haupttypen

Das methodische Vorgehen der Einteilung in definierte Versorgungsschemata erfolgt nach folgenden Überlegungen: Zunächst soll der anatomische Regelfall, die "Normalanatomie" vorangestellt werden. Die Einteilung aller davon variierenden Versorgungsmuster stellt als wesentlichstes Kriterium die arterielle Versorgung der Finger in den Vordergrund. Vom anatomischen Regelfall und von der anatomischen Anlage her werden diese

aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen und damit aus der Endstrecke der A. ulnaris versorgt.

Aus diesem Grunde nimmt sich die Einteilung des Typus II diejenige Gefäßverzweigung zur definitiven Abgrenzung, bei der alle Finger bis zum Daumen ausschließlich aus der A. ulnaris versorgt werden.

Aus dieser Analyse und Definition der Versorgungsgebiete heraus ergibt die Beobachtung der Verteilungsmuster, daß sich die Typisierung in definierten, logisch aufeinander folgenden Schritten ausarbeiten läßt. Unter Bestimmung des Versorgungsgebietes der Fingerarterien von der A. ulnaris aus wird so durch schrittweise Rückbildung des Versorgungsareals eine Typeneinteilung in logisch aufeinanderfolgenden Stufen gewonnen.

Während am Typ II die A. ulnaris noch sämtliche Finger versorgt, wird beim Typus III der Daumen nicht mehr aus ihr durchblutet. Eine weitere Stufe der Rückbildung stellt die nur noch auf der ulnaren Seite des 2. Fingers erfolgende Versorgung sowie des ganzen 3., 4. und 5. Fingers aus der A. ulnaris dar. Wenn von der ulnaren Seite des 3. Fingers bis zum 5. Finger die

Versorgung durch die A. ulnaris gewährleistet wird, wird der Typ V angenommen. Dabei werden wie in allen vorhergehenden Fällen in jedem Falle Anastomosen zu den aus der A. radialis stammenden Arterien gefunden. Eine einzige Form eines im oberflächlichen Bereich offenen Versorgungsgebietes ohne Anastomosenbildungen untereinander wird bei Typus VI gefunden, der im übrigen die ulnare Seite des 3. Fingers bis zum 5. Finger aus der A. ulnaris versorgt. Nur noch der 5. und die ulnare Seite des 4. Fingers werden aus der A. ulnaris beim Typ VII versorgt, während beim Typ VIII keine gemeinsame Fingerarterie mehr aus der A. ulnaris gebildet wird.

Auf diese Weise lassen sich durch Rückbildung der ulnaren Fingerversorgung von der A. ulnaris her alle 118 Angiogramme systematisch einordnen.

Nach jedem Rückbildungsschritt der ulnaren Fingerversorgung werden die abgegebenen Gebiete von der A. radialis mit ihren tiefen Ästen arteriell versorgt; diese weist durch ihr ergänzendes Verhalten eine enge Beziehung zur A. ulnaris auf.

b. Zusätzliche Variationsmöglichkeiten

Bewußt wird die Einteilung der Varietäten auf diese 8 Typen beschränkt, obgleich es vom Aspekt

her unter Beachtung einzelner Gefäßverläufe noch weitaus mehr Variationsmöglichkeiten der Handarterienaufzweigungen gibt. Es finden sich in dem Untersuchungsgut noch 4 Formen abweichender Gefäßverläufe, die jedoch nur den Verlauf eines einzelnen Gefäßastes betreffen. Diese Gestaltmodifikation einzelner Arterien läßt sich in allen Fällen entweder zusätzlich oder in einem sinngemäßen Austausch in die beschriebenen 8 Gefäßmuster einbauen. So werden diese nicht nur wegen der besseren Übersichtlichkeit sondern auch wegen dieses Bausteinsystemes nur als zusätzliche Variationsmöglichkeiten definiert.

Als erste zusätzliche Variationsmöglichkeit ist die Beteiligung einer A. mediana an der Handversorgung zu erwähnen. Als zweite wird ein Verhalten des tiefen Hohlhandbogens gewertet, der keinen geschlossenen tiefen Bogen eingeht, sondern nach Kreuzung der ulnaren Gefäße im ulnaren Handbereich isoliert den 4. oder 5. Finger versorgt, ohne vorher durch Anastomosenbildung einen Zustrom von der A. ulnaris zu erhalten. Eine Besonderheit des Verhaltens ist beim Ramus superficialis radialis zu erwähnen, der in 8 Fällen ohne einen oberflächlichen Bogen einzugehen, den Zeigefinger

oder den Daumen direkt versorgt.

Eine nicht seltene zusätzliche Variationsmöglichkeit ist die Bildung einer *A. digitalis communis* II ausschließlich über ein Handrückengefäß, welches aus der *A. radialis* in ihrem aus dem Handrücken verlaufenden Anteil abgeht. Diese Besonderheit ist möglicherweise mit einer durch die Funktion des Zeigefingers bedingten fehlenden Rückbildung zu erklären.

Diese zusätzlichen Variationsmöglichkeiten, die sich in die beschriebenen Hauptvariationstypen einordnen lassen, können entweder einzeln oder auch in Kombination miteinander auftreten.

II. Die Häufigkeit der Varietäten

Aus den 118 Untersuchungen heraus sollen die erarbeiteten Häufigkeitsangaben ausschließlich den Charakter einer Größenordnung besitzen und der Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchern dienen, bei denen oft ein zahlenmäßig kleineres Untersuchungsgut zur Verfügung stand. Darüberhinaus weist Lippert (1968) zum Problem der statistischen Erfassung darauf hin, daß auch eine weitere Erhöhung des Untersuchungsgutes mit der Absicht, exaktere prozentuale Häufigkeitsangaben zu erzielen, wenig zur Verbesserung vergleichbarer Ergebnisse beiträgt.

Dies liegt in dem erheblichen Ausmaß der Fehlermöglichkeiten anatomischer Varietätenstatistiken begründet, Fehler die in folgendem liegen:

1. In der statistischen Berechnung
2. In der Patientenauswahl
3. In der Gefäßdarstellungsmethode
4. In der Definition
5. In den Rassenunterschieden.

Aus diesen Gründen kann nach Lippert (1968) auch eine erhebliche Vergrößerung des Untersuchungsmaterials nicht eine allgemein gültige statistische Festlegung erzielen.

1. Der oberflächliche Bogen

a. Der anatomische Normaltyp

Der anatomische Regelfall mit vollständiger Ausbildung eines oberflächlichen Hohlhandbogens wird mit folgenden Häufigkeitsangaben gefunden: 35 % von Lippert (1968), 34,5 % von Colman (1961) und Calenow (1972); 33 % von Browning (1955), 27 % von Jatschinski (1897), 19 % von Adachi (1928) und Mc Cormack (1953), 17 % von Wegelius (1972). Dabei kommen die beiden letzten Angaben denen in dieser Arbeit gefundenen Häufigkeiten von 10 bei 118 Untersuchungen (- 8,5 % -) am nächsten.

b. Versorgung aller 5 Finger ausschließlich von der A. ulnaris fand Murakami (1969) in keinem seiner 90 untersuchten Fälle, während Adachi (1928) eine Angabe von 4 % macht, die fast übereinstimmt mit der hier gefundenen Häufigkeit von 4 der 118 Fälle (3,4 %).

c. Typ III

Vier Finger aus der A. ulnaris werden versorgt in 39 % bei Coleman (1961), Calenow (1972), in 38 % von Jatschinski (1897) und 37 % von Lippert (1968) sowie in 27 % bei Adachi (1928). Dabei dürften einige Autoren den Typ II und Typ III zusammengefaßt haben, jedoch auch damit ist keine Relation zu der hier gefundenen geringen Häufigkeit von 4 von 118 (- 3,4 % -) festzustellen.

d. Typ IV

Zu dieser Einteilung findet man nur eine Vergleichbarkeit bei Lippert (1968), der diesen bei 13 % seiner Untersuchungen findet. Im Untersuchungsgut dieser Arbeit wird dieser Typ jedoch mit 38 von 118 Fällen (- 32 % -) als zweithäufigster angetroffen.

e. Typ V

Besonders erstaunlich ist die Häufigkeitsangabe beim Typus V, bei dem genau die Hälfte der

Finger, vom 5. bis zur ulnaren Seite des 3. Fingers, aus der A. ulnaris versorgt werden. Gefunden auf 47 der 118 Untersuchungen (- 40 % -) bildet dieser Typ das häufigste Gefäßmuster, während er in der Literatur nur mit 4,5 % (Jatschinski 1897) und 3 % (Adachi 1928) angetroffen wird.

f. Typ VI

Der Unterschied des Typus VI zum Typus V besteht nur im Fehlen von Anastomosen zum radialen Versorgungsgebiet. Dieser Typ erfüllt als einziger die Definition eines nicht geschlossenen oberflächlichen Gefäßsystemes. Er wird von Coleman (1961), Calenow (1972) mit 20 % angegeben. Davis (1938) beschreibt nur einen Einzelfall. Weitere Vergleichsangaben fehlen in der Literatur.

Obgleich sich diese Arbeit streng an die deskriptive Methodik der Röntgenanatomie hält, muß auf eine besondere Problematik der Definition dieses Typus hingewiesen werden. Der Begriff "keine Anastomosen" bezieht sich aus der Arbeitsmethode heraus nur auf die fehlende Sichtbarkeit von Anastomosen im Röntgenbild. Zu diesem Schema weist Schoop (1961) darauf hin, daß die arterio-arteriellen Anastomosen des primären Kollateralkreislaufes bei intakter Strombahn nicht sichtbar sind.

g. Typ VII

Hier findet sich die Häufigkeit in einer Vergleichsangabe von 3,5 % bei Jatschinski (1897), die in der Größenordnung dem Befund aus diesem Untersuchungsgut nahekommt, wo er bei 2 von 118 Fällen (- 1,7 % -) gefunden wird.

h. Typ VIII

In diesem Falle bildet die A. ulnaris keine gemeinsame Fingerarterie mehr, und sämtliche Finger werden aus der A. radialis durchblutet. Dieser Befund ist besonders auffällig, da Coleman (1961) bei seinen 650 Untersuchungen diesen Typ in keinem Falle fand. Mc Cormack (1953) beschreibt in 10 % einen fehlenden oberflächlichen Hohlhandbogen, der diesem Typ entsprechen könnte. Eine Angabe von 1 % kommt von Jatschinski (1897). In dieser Arbeit wird bei 5 der 118 Fälle (- 4,2 % -) dieses Gefäßmuster angetroffen.

i. Die zusätzlichen Variationsmöglichkeiten

Die Beteiligung einer A. mediana an der Handgefäßaufzweigung wird von nahezu allen Autoren beschrieben, die auf diesem Gebiete gearbeitet haben. An der Spitze der Häufigkeitsangaben liegt mit 16 % Tandler (1897), es folgen mit

10 % Browning (1955), Lippert (1968) und Calenow (1972), 9 % gibt Adachi (1928) an, 7,5 % Jatschinski (1897) und Mc Cormack (1953), und die Angabe von 3 % bei Edwards (1958) kommt den Befunden dieser Arbeit - 3 von 118 Fällen (- 2,5 % -) am nächsten. Keiner der Autoren beobachtet eine wesentliche Beteiligung eines Handrückengefäßes an der Fingerversorgung, die in dieser Arbeit in 8 von 118 Fällen (- 6,8 % -) beschrieben wird, während Edwards (1958) im Gegensatz dazu betont, daß die volaren Arterien die einzigen Hauptgefäße für die Fingerversorgung sind.

2. Der tiefe Bogen

Übereinstimmung herrscht in der Beurteilung des tiefen Handbogens. In seiner Form wird er als regelmäßig distal-konvex beschrieben, eine Angabe, die auch zu den Befunden dieser Arbeit vollständig korreliert.

Einmütigkeit herrscht auch in der Beurteilung des Verlaufsendes des tiefen Hohlhandbogens mit seinem Einmünden in die A. ulnaris bzw. in seinen Ramus profundus. Diese geschlossene Form des tiefen Hohlhandbogens beschreibt Murakami (1969) in 100 %, Coleman (1961) und Lippert (1968) in 97 %, .

Edwards (1958) in 95 %, Browning (1955) in 94 % und Wegelius (1972) in 88 %. In dieser Arbeit findet sich die geschlossene Form des Bogens mit 59 Fällen in genau der Hälfte der Fälle.

Da diese Diskrepanz in der Häufigkeitsangabe dieser Arbeit zu den früheren Angaben eindeutig ist, muß man eine untersuchungsbedingte Ursache dafür annehmen, da die Vergleichspräparate bis auf die von Wegelius alle aus anatomischen Untersuchungen stammen und letzterer bereits bei seinen angiographischen Untersuchungen eine deutlich niedrigere Anzahl angibt.

Bei der Ausbildung in einen geschlossenen und einen nicht geschlossenen tiefen Hohlhandbogen lassen sich keine Gesetzmäßigkeiten zu dem Verhalten des oberflächlichen Hohlhandbogens in seiner Typeneinteilung erkennen, da nahezu bei jedem Einteilungstyp in der Hälfte der Fälle ein geschlossener und in der anderen Hälfte ein nicht geschlossener Bogen vorliegt.

3. Das Größenverhältnis der A. radialis zur A. ulnaris

In allgemeinen Angaben über das Größenverhältnis dieser beiden Arterien zueinander wird von Rauber - Kopsch (1951) darauf hingewiesen, daß die Ulnaris schwächer ist, von Davis (1938) und Sobotta-Becher (1962) daß die Radialis schwächer ist und bei

Browning (1955), daß beide Arterien immer gleich groß sind. Letzterer fügt auch noch einen Durchmesser von bds. 3,5 mm hinzu, den er an mit Plastikmasse gefüllten Leichenhänden gewonnen hat. Jatschinski (1897) stellt in seinem Untersuchungsgut eine regelmäßig stärker ausgeprägte A. ulnaris gegenüber der A. radialis fest, wobei die Ulnaris im Durchschnitt 9,2 mm und die Radialis 7,0 mm Umfang aufweist.

Eine nähere Aufschlüsselung nach der Häufigkeit, in welchem die Radialis größer als die Ulnaris und die Ulnaris größer als die Radialis zur Darstellung kommen, liefert Adachi (1928) und Wegelius (1972). Ebenso wie diese wird in dieser Arbeit nur auf die Relation der Durchmesser-Verhältnisse als wesentlicher Faktor geachtet, da der absolute Durchmesser hier weniger die anatomische Anlage repräsentiert als das Ausmaß der Strömungsgeschwindigkeit (Rau-Schoop 1960)-

Tabelle 5

Das Größenverhältnis der A. radialis zur A. ulnaris

Form	Adachi	Wegelius	Hüring
radialis größer	70 %	76 %	67 %
ulnaris größer	14 %	2 %	21 %
beide gleich	16 %	22 %	12 %

Aus der Tabelle läßt sich eine Übereinstimmung der Häufigkeit ablesen bis auf die sehr geringe Häufigkeit einer großen A.ulnaris bei Wegelius. Diese Übereinstimmung überrascht nur in einer bestimmten Hinsicht. Nach Adachi (1928) ist die A. radialis bei den Japanern häufiger größer im Gegensatz zu den von Jatschinski (1897) gefundenen Befunden bei Europäern, bei denen die A. ulnaris durchschnittlich einen größeren Umfang besitzt. Adachi betont die Bedeutung der Rassenunterschiede, in dem er darauf hinweist, daß die entwicklungsge-schichtlich jüngere Radialis bei den Europäern noch nicht ihre volle Entwicklung erreicht hat. Die Befunde dieser Arbeit weisen mehr in die Richtung, daß entweder die Rassenunterschiede doch nicht einen so gravierenden Einfluß haben, oder daß sich die Unterschiede bis heute angeglichen haben.

4. Erklärungsmöglichkeiten für die Diskrepanzen

Trotz zahlreicher Übereinstimmungen fällt jedoch die Vielzahl abweichender Ergebnisse in dem Vergleich dieser Arbeit mit den Angaben der Literatur auf. In erster Linie dürfte dies durch unterschiedliche begriffliche Definitionen bedingt sein. So erfolgt die Einteilung sowohl bei Coleman (1961), Lippert (1968) und Calenow (1972) in 9 Typen, eine Tatsache, die von der Zahl eine Ähnlichkeit der Einteilungs-

kriterien vermuten läßt. Bei Analyse der einzelnen Typen jedoch fehlen 4 Formen dieser Arbeit bei Lippert (1968), und sogar 5 Formen bei Coleman (1961) und Calenow (1972). Die Varietätenmuster dieser Autoren, die hier nicht unter den Haupttypen erwähnt werden, lassen sich aus den Bausteinen der zusätzlichen Variationsmöglichkeiten dieser Arbeit leicht zusammensetzen. Diese Beobachtung ist ein Hinweis auf die unterschiedlichen Einteilungskriterien, die in früheren Arbeiten aus einer Nebeneinanderstellung abnormer Gefäßverläufe bestanden, während in dieser Arbeit ein systematisches Bezugssystem entwickelt wird. Weiterhin lassen sich die unterschiedlichen Häufigkeitsangaben vor allem zum Bild des anatomischen Regelfalles durch die unterschiedliche Bewertung von Anastomosen erklären, deren fünf häufigste Verlaufsformen in dieser Arbeit aufgezeigt werden. Es sei hier besonders an die Anastomose zwischen dem oberflächlichen Hohlhandbogen zur A. princeps pollicis erinnert, die fälschlicherweise für einen vollständigen oberflächlichen Hohlhandbogen betrachtet werden kann, obwohl keine Anastomose mit dem Ramus superficialis vorliegt. Der Unterschied zwischen den Untersuchungstechniken selbst hat sicherlich ebenfalls einen bedeutenden Einfluß auf die abweichenden Befunde.

So weisen sowohl Adachi (1928) als auch Lippert (1968) darauf hin, daß Anastomosen und kleinere Gefäße bei der Präparation leicht abgetragen werden können.

Eine Besonderheit liegt bei der Häufigkeitsangabe der A. mediana vor, die sich im röntgen-anatomischen Bild natürlich nur darstellt, wenn sie von Kontrastmittel durchflossen ist. In anatomischen Befunden wird sie jedoch auch registriert, wenn sie obliteriert ist, worauf Adachi (1928) hinweist, wobei sich dessen Häufigkeitsangabe von 9 % auf 4,5 % reduziert.

Als auffälligste Diskrepanz erscheint die geringe Häufigkeit des anatomischen Regelfalles, wenn das Gesamtbild der Gefäßaufzweigung aus oberflächlichem und tiefem Hohlhandbogen gleichzeitig betrachtet wird. Aus den Tabellen ist zu entnehmen, daß der geschlossene tiefe Hohlhandbogen nur in 3 Fällen des Typus I vorliegt und daß dadurch unter Beachtung der anatomischen Definitionen für den oberflächlichen und tiefen Hohlhandbogen der anatomische Normalfall nur in 3 der 118 Fälle (- 2,5 % -) zu sehen ist.

III. Die Beziehung der Varietäten untereinander

1. Das Verhältnis der Gefäßdurchmesser zur Typeneinteilung

Die Einteilungskategorien dieser Arbeit richten sich nicht nach Merkmalen der zuführenden Arterien

mit ihren Verbindungen untereinander, sondern nach der nutritiven Aufgabe dieser Gefäße und ihrem Versorgungsgebiet. Es resultiert eine Einteilung, die in stufenweise aufeinanderfolgenden Schritten ein definiertes Versorgungsgebiet von der A. ulnaris an die A. radialis abgibt. Aus diesen Umwandlungsschritten ergibt sich die Fragestellung nach der Beziehung des Ausmaßes der Versorgungsgebiete zum Durchmesser der zuführenden Arterien. Auf diese Weise wird eine einfache und eindeutige Beziehung offenbar, die der Tabelle 3 zu entnehmen ist.

So ist bei der reinen Ulnarisversorgung sämtlicher Finger die A. ulnaris immer größer als die A. radialis. Nach Abgabe eines Versorgungsgebietes beim Typ III ist in allen Fällen die A. ulnaris gleich groß mit der A. radialis. Beim Typ IV findet sich eine Übergangsform, bei der beide Aa. entweder immer gleich groß sind, oder bei der jedes der Gefäße gleich häufig größer als das andere ist. Vom Typ V ab, d.h. von der Versorgung der ulnaren Seite des 3. Fingers durch die A. ulnaris, ist diese mit Ausnahme von 5 Fällen, bei denen sie gleich groß ist, immer kleiner als die A. radialis.

2. Das Symmetrieverhalten

In der Literatur wird das bilaterale Vorkommen

der arteriellen Varietäten mit 6,3 % (Mc Cormack 1953) für die Unterarmarterien angegeben. Im Bereich der Beine werden in 50 % der Fälle, in denen an einem Bein eine Varietät beobachtet wird, am anderen Bein ebenfalls eine Varietät gefunden (Bardsley 1970).

Die Untersuchungen dieser Arbeit ergeben, daß bei 17 von 30 Patienten, die beidseitig untersucht wurden, der gleiche Varietätentyp vorliegt. Trotz der kleinen Fallzahl ist diese Beobachtung ein Hinweis auf die nicht allein durch den Zufall entstandene Varietätenausprägung. Die Asymmetrie, die bei den übrigen 13 der 30 Patienten beobachtet wird, erfordert eine genauere Betrachtung. Es stellt sich nämlich heraus, daß bei 11 dieser 13 Patienten der Unterschied der Varietät der einen Extremität zur anderen nur in einer einzigen Stufe liegt. Damit wird nur ein einziges definiertes Versorgungsgebiet, welches die unterschiedliche Typeneinteilung begründet, bei der einen Hand gegenüber der anderen Hand von der A. ulnaris an die A. radialis abgegeben.

3. Die Anastomosen

Betrachtet man von den 5 angegebenen hauptsächlichsten Anastomosierungswegen die Anastomose vom oberflächlichen Bogen zur A. princeps pollicis und zur A. digitalis communis II und vergleicht diese mit der

Typeneinteilung, so ist zu erkennen, wie leicht durch Rückbildung bzw. durch Verstärkung dieser Anastomose ein Varietätentyp in den anderen übergehen kann.

Hier erkennt man den großen Einfluß, den die Haemodynamik, auf die noch weiter eingegangen wird, auf das arterielle Varietätenmuster besitzt.

4. Folgerung für die Einteilungskriterien

Die Typeneinteilung dieser Arbeit wurde zunächst rein morphologisch-deskriptiv vorgenommen und in ein bestimmtes Verhältnis zueinander gesetzt. Durch die eindeutigen Beziehungen, die zwischen dem Größendurchmesser der Unterarmarterien zur Ausbildung der Typen besteht, läßt sich eine Rechtfertigung für die praktikable Richtigkeit dieser Einteilung ableiten.

Auch die überraschende Tatsache der Häufigkeit der gleichen Varietäten an der gegenseitigen Extremität weist darauf hin, daß keine abstrakte Einteilung gewählt ist, sondern daß diese sich den biologischen Formungsvorgängen anpaßt. Eine 3. Bestätigung für die Praktikabilität der Kriterien ist das Asymmetrieverhalten, wie es oben beschrieben ist.

IV. Die Haemodynamik bei der Untersuchung

1. Spasmen der Gefäße

Spasmen entstehen aus einer Änderung des neuromuskulären Funktionszustandes in Richtung auf eine Vaskonstriktion hin. Jede denkbare Gefäßirritation kann zu einer vasospastischen Reaktion führen

(Edwards 1954). Bei den Untersuchungen besteht die erste Gefäßirritation in der Punktion, die eine Vaskonstriktion auslösen kann; ebenso kann die arterielle Kompression der Extremität vor der Untersuchung zur Erzielung eines Hyperaemieeffektes einen Arterien-spasmus auslösen.

Von besonderer Bedeutung ist aber das Kontrastmittel, welches zunächst einmal eine Irritationsmöglichkeit durch die gegebene Druckänderung während der Injektion ausüben kann. Wichtiger aber ist seine Einwirkungsmöglichkeit als toxische Substanz, da besonders Halogenderivate die Intima reizen (Fontaine 1955). Diese Tatsache gab dem Thorostrat - als völlig indifferenten Substanz für die Gefäßintima - für lange Zeit den Vorrang, bis es aus bekannten Gründen völlig aufgegeben wurde (Fontaine 1940). Um die Spasmen zu vermeiden wurden häufig Sympaticolytica eingesetzt, die dieses Ziel jedoch nicht vollständig erreichen konnten (Takaro 1967, Wegelius 1972). Bei den Untersuchungen fällt bei den Patienten eine unterschiedliche Neigung zu spastischen Reaktionen der Gefäßmuskulatur auf, die bei Raynaud-Syndrom und Sklerodermie besonders deutlich sind (Scott 1967). Für die Diagnostik ist von besonderer Wichtigkeit, daß die lokalen Arteriospasmen diagnostische Irrtums-

möglichkeiten ergeben (Seldinger 1964). So kann eine fehlende Gefäßdarstellung nicht nur durch einen pathologischen obliterierenden Prozess, sondern auch durch einen passageren Spasmus bedingt sein (Lippert 1968).

2. Die Strömungsphysiologie bei Untersuchungen

Bei den Untersuchungen fallen ganz besondere strömungsphysiologische Phaenomene auf. Bei untersuchungstechnisch bedingten Zweitinjektionen kommt es zu einer unterschiedlichen Strömungsbeschleunigung bzw. Strömungsverlangsamung in den Gefäßen, wobei die Spitzen der Kontrastmittelsäulen in den Gefäßen voneinander weit differieren können. In einem anderen Falle kommt es in einer Anastomose, die zunächst von der A. ulnaris in Richtung auf die A. radialis durchströmt wird, zu einer Strömungsumkehr bei der Zweituntersuchung.

Als 3. Phaenomen läßt sich eine eindeutige Größenzunahme der A. radialis und A. ulnaris auf Handgelenkhöhe bei der Zweitinjektion feststellen, eine Beobachtung, auf die auch Wegelius (1972) hinweist, der eine konstante Größenzunahme von 0,4 mm eines jeden Gefäßes beschreibt. Eine allgemeine Vasodilatation ohne Größenangabe gibt Mashall (1966) an.

3. Folgerung für die Anaesthesiewahl

Die meisten Beobachtungen der spastischen Reaktionen

entstanden bei Untersuchungen, die in Lokalanästhesie durchgeführt wurden. Zur Vermeidung spastischer Reaktionen wurden auch Untersuchungen in Vollnarkose durchgeführt, wodurch der Dehnungsschmerz vermieden wurde (Fontaine 1955). Doch selbst eine Vollnarkose konnte Gefäßreflexe nicht vollständig ausschalten.

Da vasospastische Prozesse durch eine Sympathektomie aufgehoben werden (Edwards 1948), läßt sich auch bei der Plexusanaesthesie der größtmögliche Erfolg in der Unterdrückung spastischer Gefäßreaktionen finden (Wegelius 1972).

V. Schlußfolgerung für das Verständnis der Varietäten

Durch die Untersuchungen wird zunächst festgestellt, in welcher stufenweisen Reihenfolge sich die Varietäten einteilen lassen. Erstaunlich ist dabei die ausgeprägte Tendenz zu symmetrischem Verhalten an beiden Händen, und sogar bei asymmetrisch angelegten Gefäßmustern fällt auf, daß diese sich meist nur in einer Stufe des arteriellen Fingerversorgungsgebietes unterscheiden. Berücksichtigt man auch noch die Topographie der angelegten Anastomosen und betrachtet dabei die leicht auslösbaren haemodynamischen Änderungen der Strömungsphysiologie bei Untersuchungsbedingungen, läßt sich die Größenordnung abschätzen, in der die Gefäßvarietäten durch den haemodynamischen Faktor mitgeprägt werden.

War bisher das Wesen der Varietäten rein entwicklungs-

geschichtlich durch mehrere Stufen der Bildung, Rückbildung, Verschmelzung und Umbildung erklärt (Singer 1933, Clara 1949), so weist jetzt vieles auf den Wert des zusätzlichen Faktors der Haemodynamik hin. Besonders die angiographischen anatomischen Beobachtungen lassen die Dynamik erkennen, die in der Anatomie des Gefäßsystems liegt (Leonhardt 1968). Aufbauend auf den früheren 2 Verständnisstufen für das Entstehen der Varietäten stellt das arterielle Verteilungsmuster das Ergebnis einer sich gegenseitig beeinflussenden genetischen und haemodynamischen Entwicklung dar.

VI. Anatomisches Gefäßmuster und pathologische Veränderungen

1. Pathologie und Varietätentypen

Bei der Beobachtung des Varietätentyp I, bei dem sämtliche Finger von der A. ulnaris versorgt werden, ist leicht vorstellbar, wie wenig Einfluß ein Verschluß der A. radialis bei diesem auf die Fingerversorgung ausübt und welche schwerwiegenden Folgen ein Verschluß der A. ulnaris für deren Blutversorgung bedeutet. Analog kann man bei der Anlage des Typ VIII, bei dem alle Finger aus der A. radialis versorgt werden vermuten, wie wenig Einfluß bei diesem ein Ulnarisverschluß hat und welche ausgeprägte Fingerminderdurchblutung bei einem Verschluß der A. radialis entsteht.

Zwar könnten sich bei einer langsamen Entwicklung des Gefäßverschlusses noch Kollateralen bilden, doch

wäre beim Typ II und Typ VIII durch eine Embolie in das jeweils fingerversorgende Gefäß die Gefahr einer Gangraen erheblich größer. Das Ausmaß der Gefährdung ist abhängig von der Isolierung eines Gewebeareales von seiner Blutzufuhr.

2. Der falschpathologische Allen-Test

Der Wert des Allen-Testes, bei dem nach Kompression der A. radialis oder A. ulnaris durch Beobachtung der resultierenden Fingerdurchblutung die Durchgängigkeit des nicht komprimierten Gefäßes getestet wird, kann nicht ohne seinen unmittelbaren Zusammenhang mit dem anatomischen Gefäßmuster gesehen werden.

So wird dieser Test bei Patienten mit dem Varietäten-Typ II, bei dem die A. ulnaris alle Finger versorgt, nach Kompression dieses Gefäßes eine Ischämie der Finger provozieren.

Umgekehrt würde die Kompression der A. radialis bei Patienten mit dem Typ VIII, bei dem diese alle Finger versorgt, eine Finger minderdurchblutung zur Folge haben.

Beim Typ VI, bei dem nach der Definition keine Anastomosen im oberflächlichen Bereich vorliegen und die A. ulnaris und A. radialis je die Hälfte der Finger versorgen, würde das Abklemmen eines zuführenden Gefäßes eine verminderte Durchblutung der durch dieses Gefäß versorgten Hälfte der Finger erzeugen.

So muß bei dem Typus II, VI und VIII vom Gefäßversorgungsmuster her mit einem falsch-pathologischen Ausfall des Testes gerechnet werden, der unter diesen Voraussetzungen eine Fehlerbreite falsch-pathologischer Ergebnisse von etwa 14 % aufweist.

3. Pathologische Veränderungen und Anastomosen

Die Gefährdung eines Organes hängt ab von der Anzahl der Versorgungszuflüsse ebenso wie vom Vorhandensein und Häufigkeit von Kollateralen (Edwards 1958). Eine unterschiedliche Gefährdung der Blutversorgung ist denkbar bei den Gefäßmustern, in denen weniger Anastomosen angelegt sind. So fanden sich bei einigen Händen bis zu 4 Anastomosen gleichzeitig, während ja beim Typ VI keine Anastomosen im oberflächlichen Bereich zu erkennen sind. Aus diesem Grunde liegt beim Typ VI eine besondere Gefährdung bei pathologischen Gefäßveränderungen vor. Als Ursache für häufige pathologische Veränderungen des 2. Fingers auf der radialen und des 5. Fingers auf der ulnaren Seite nahm Hasse (1968) nur selten vorliegende Anastomosen-Verbindungen an.

Für pathologisch veränderte Gefäße sind die unterschiedlichen Varietätentypen von wesentlicher Bedeutung, da durch sie einerseits gute Kompensationsmöglichkeiten gegeben sind, andererseits diese durch die anatomische Anlage her stark eingeschränkt sind.

Hiermit sind die Arterienvarietäten nicht als auslösender Faktor in der Pathogenese der Gefäßerkrankungen anzusehen, sondern sie haben einen verstärkenden oder aber verringernden Einfluß auf die Folgen und Auswirkungen pathologischer Veränderungen.

VII. Leitlinien für die angiographische Bildanalyse

1. Topographie der Skelettbeziehungen

a. Der Prozessus styloideus radii

Nach Erreichen des Prozessus styloideus radii biegt die A. radialis auf den Handrücken. Aus diesem Grunde kann sie nur vorher den oberflächlichen Hohlhandbogenast abgeben. Diese Abzweigungsstelle wird in den meisten Fällen nicht genau beschrieben. Teilweise liegt ihr Abgang immer auf Höhe des Prozessus styloideus (Coleman 1961) während Adachi (1928) den Abgang immer 1 - 2 cm proximal der Gelenkfläche angibt, wobei er als Meßpunkt die proximale Seite des Os naviculare nimmt. Unter Berücksichtigung der Differenz dieser Gelenkfläche zur Spitze des Prozessus styloideus radii, die in dieser Arbeit als Bezugspunkt genommen wird, ergibt sich eine nahezu identische Meßstrecke von 2 - 3 cm proximal der Spitze des Prozessus styloideus zu dem Punkt, von dem in den meisten Fällen der Ramus superficialis A. radialis abzweigt.

Als Besonderheit fand Adachi (1928) in einem Falle einen 8 cm langen Ramus superficialis, während bei dem Untersuchungsgut dieser Arbeit als Rarität der längste Ramus superficialis 9,7 cm proximal der Spitze des Processus styloideus entspringt.

b. Os trapezium

Auf Höhe des Os trapezium wird in dieser Arbeit der Abgang der A. metacarpea dorsalis II gefunden, die in 8 Fällen allein die 2. gemeinsame Fingerarterie formt. Zu diesem Thema gibt es keine Vergleichsangaben in der Literatur; es sei nur festgestellt, daß in allen anatomischen Beschreibungen auf dieser Höhe die A. radialis dorsal liegt.

c. Die Basis der Mittelhandknochen

Übereinstimmend wird die Lage des tiefen Hohlhandbogens auf der Basis der Mittelhandknochen angegeben (Jatschinski 1897, Lanz-Wachsmuth 1959, Benninghoff-Goerttler 1960, Coleman 1961, Spalteholz-Spanner 1961). Die Befunde dieser Arbeit stimmen damit völlig überein, wenn zur Lage auf der Basis auch noch der Übergang von der Basis zum Schaft mit einbezogen wird. Nur in 1 Falle ist der Scheitelpunkt der Krümmung des tiefen Hohlhandbogens 1,5 cm von diesem Bezugspunkt entfernt.

d. Os pisiforme

Die Abzweigung des Ramus profundus A. ulnaris erfolgt unmittelbar distal des Os pisiforme (Coleman 1961), der Ramus profundus umläuft den Hamulus (Lanz-Wachsmuth 1959); unmittelbar am Os pisiforme selbst wird er von Zuckerkindl (1896) und Spalteholz-Spanner (1961) gefunden. Die Ergebnisse dieser Arbeit können diese topographische Beziehung bestätigen, wobei in den meisten Fällen der Abgang des Ramus profundus zwischen dem Os pisiforme und dem Hamulus liegt.

2. Mögliche Fehlinterpretationen

Wie bereits in dem Abschnitt über haemodynamische Veränderungen als Kontrastmittelwirkung beschrieben wird, können Spasmen auftreten und fälschlich Verschlüsse vortäuschen. Vor allem aber sei auf die Veränderungsmöglichkeiten der Strömungsgeschwindigkeit durch die Untersuchungstechnik hingewiesen. Diese kann Ausmaße annehmen, bei denen die eine Seite des Fingergefäßes bereits schon bis zum Endglied durchflossen ist, während die Spitze der Kontrastmittelsäule auf der anderen Seite erst an der Basis angelangt ist. Auch hieraus dürfen keine falschen Schlüsse gezogen werden, und der Einfluß Dominanz (Wegelius 1972) für die Fingerversorgung ist problematisch.

In dem Abschnitt über das zweidimensionale Bild wird auf die diagnostischen Auswirkungsmöglichkeiten des dreidimensionalen Gefäßverlaufes hingewiesen, wenn eine Gefäßschleife senkrecht zur Untersuchungsebene steht und damit einen Verschuß vortäuschen kann. Auch diese Fälle dürfen nicht zu einer Fehlinterpretation verleiten, sondern fordern in Zweifelsfällen eine 2. Projektionsebene.

3. Die Möglichkeit einer vollständigen systematischen Klassifikation

Die bisherigen Klassifikationsversuche richteten sich nach den zuführenden 2 oder 3 Unterarmarterien. Bei der in dieser Arbeit gewählten systematischen Betrachtung der Gefäßverzweigungen nach ihrem Versorgungsgebiet fällt eine stufenweise Rückbildung der Versorgungsprovinz der A. ulnaris auf. Bei der Anzahl des zur Verfügung stehenden Untersuchungsgutes ist weitgehend diese vollständige Reihenfolge in der schrittweisen Abgabe von versorgten Fingern von der A. ulnaris an die A. radialis gegeben.

Bei einem rein theoretisch-systematischen Vorgehen fehlen jedoch im Beobachtungsgut noch einige Zwischenstufen, so daß die Frage berechtigt ist, ob diese nicht möglicherweise in Folge der zu kleinen Fallzahl fehlen. Aus diesem Grunde können diese - in dieser Arbeit nicht gefundenen - Zwischenstufen als Postulat entwicklungs-

geschichtlicher Möglichkeiten angenommen werden.

Unter Einbeziehung dieser hypothetischen Typisierungsstufen ließe sich folgendes einfache Schema aufstellen:

Ausgehend von der Fingerversorgung aus der A. ulnaris bestehen 10 Möglichkeiten, bei der jeweils entweder die radiale und ulnare Seite eines Fingers aus der A. ulnaris versorgt wird, oder nach schrittweiser Rückbildung allein die ulnare Seite.

Das Schema könnte etwa folgendermaßen aufgestellt werden:

Tabelle 6:

Mögliche Einteilung eines vollständigen Systemes im Vergleich zu den beschriebenen Typen

A.ulnaris Versorgung bis zum Finger Nr.	versorgte Fingerseite	entsprechender Typ dieser Arbeit
1	radial u.ulnar	II
	ulnar	fehlt
2	radial u.ulnar	III
	ulnar	IV
3	radial u.ulnar	fehlt
	ulnar	V u. VI
4	radial u.ulnar	fehlt
	ulnar	VII
5	radial u.ulnar	fehlt
	ulnar	VIII

4. Ein Vorschlag für die röntgen-anatomische Bildauswertung

Im taktischen Vorgehen zur Bestimmung der röntgen - anatomischen Verhältnisse wird folgende Methode empfohlen:

- a. Bestimmung des Durchmessers der A. radialis und A. ulnaris. Durch das Verhältnis der beiden Arterien zueinander ist schon eine definierte Einkreisung der Typisierung möglich, wie in der Tabelle Nr. 3 angegeben. Ist die A. ulnaris größer, kann nur der Typ II vorliegen, ist sie gleich groß mit der A. radialis, kann Typ III oder Typ IV vorliegen. Ist die A. radialis größer, liegen entweder der Typ VI, VII und VIII oder in den meisten Fällen der Typ V vor.
- b. Es wird bestimmt, ob proximal des Prozessus styloideus radii ein Ramus superficialis aus der A. radialis abgeht und welche Bedeutung ihm für die Fingerversorgung zukommt.
- c. Auf den Basen der tiefen Mittelhandknochen wird der tiefe Hohlhandbogen bestimmt; durch Aufsuchen seiner möglichen Anastomosierung mit der A. ulnaris zwischen dem Hamulus und dem Os pisiforme läßt sich erkennen, ob eine offene oder geschlossene Form des tiefen Hohlhandbogens vorliegt.

- d. Verläßt ein kräftiges Gefäß auf Höhe des Os trapezium die A. radialis, kann es nur eine Handrückenarterie und in diesen Fällen die A. metacarpea dorsalis II sein, die zur 2. gemeinsamen Fingerarterie zieht, oder diese bildet.
- e. Eine besonders häufige Schleifenbildung, die senkrecht zur Untersuchungsebene stehen kann, muß bei der Ausbildung der A.princeps pollicis beachtet werden.
- f. Die Berücksichtigung der Anaesthesieform und der durch sie bedingten Strömungsphaenome muß bedacht werden. Grundsätzlich sollte keine Diagnose gestellt werden, solange die Kontrastmittelsäule noch verdimmert und nicht scharfe, komplette Abbrüche oder die häufigen etagenweisen Verschlüsse abgebildet sind, wobei die distale Etage über Kollateralen wieder abgebildet sein sollte.

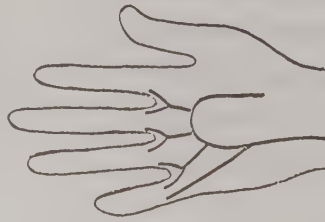
G. Zusammenfassung

1. Es werden 118 Handarteriographien auf ihr röntgen- anatomisches Gefäßmuster hin untersucht.
2. Die Anzahl der Varietäten ist nicht unbegrenzt. Es wird eine Einteilung in 8 Varietätentypen mit 4 zusätzlichen Variationsmöglichkeiten entwickelt. Diese stehen in einem Bezugssystem zueinander, wobei das leitende Ordnungskriterium die Ausdehnung des arteriellen Fingerversorgungsgebietes ist.
3. Der anatomische Normalfall findet sich bei alleiniger Betrachtung des oberflächlichen Hohlhandbogens in 10 Fällen - 8,5% -, bei gleichzeitiger Beachtung der anatomischen Definition des tiefen Hohlhandbogens nur in 3 Fällen - 2,5% -
4. Eine eindeutige und klare Beziehung besteht zwischen dem Gefäßdurchmesser der A. ulnaris und A. radialis und dem Ausmaß ihrer Versorgungsgebiete.
5. Das Symmetrieverhalten besteht in vollständiger Form auf 34 Handarteriogrammen - 57% -, und auf weiteren 22 Arteriogrammen besteht der Unterschied nur in einer benachbarten Typenvarietät. Eine vollständig fehlende Symmetrietendenz ist nur bei 2 Patienten festzustellen.

6. Eine konstante Beziehung des oberflächlichen Hohlhandbogens ~~zum~~ Skelettsystem oder zum tiefen Hohlhandbogen ist nicht festzustellen. Dagegen liegt der tiefe Hohlhandbogen in typischer Weise konstant auf der Basis der Mittelhandknochen.
7. Die Arterienvarietäten sind von Bedeutung für die Folgen der arteriellen Verschlußkrankheit. Besonders gefährdend ist ein Verschluß der A. ulnaris beim Typ II, ein Verschluß der A. radialis beim Typ VIII sowie periphere Verschlüsse beim Typ VI.
8. Bei der klinischen Bewertung des Allen-Testes muß mit einem möglichen falschpathologischen Ergebnis in etwa 14 % gerechnet werden.
9. Eine systematische Ordnung einer entwicklungsgeschichtlich denkbaren Klassifikation der Handarterienvarietäten unter Einschluß noch nicht gefundener Typen der Gefäßversorgung wird postuliert.
10. Für die röntgenologische Befundanalyse und topographische Zuordnung in die einzelnen Versorgungstypen wird ein Weg zur Deutung der Handarteriogramme vorgeschlagen, der sich an festen Skelettbeziehungen orientiert.

Die röntgenanatomischen Arterienvarietäten der Hand

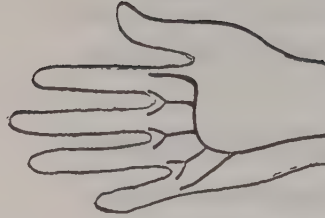
I. Der oberflächliche Hohlhandbogen (isoliert dargestellt)



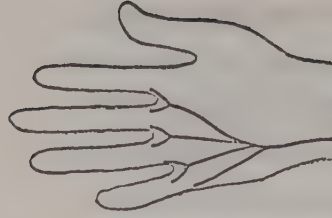
Typ I : 8,5%
das anatomische
Normalbild



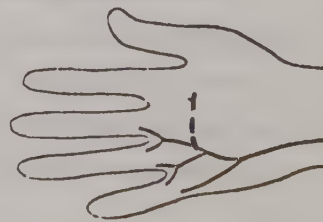
Typ II : 3,4%
Versorgung
aller Finger



Typ III : 3,4%
Versorgung der
Finger 2 - 5



Typ IV : 32%
Versorgung der
Finger 2u - 5



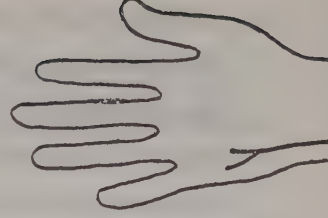
Typ V : 40%
Versorgung der
Finger 2u - 5



Typ VI : 6,8%
Versorgung der
Finger 2u - 5

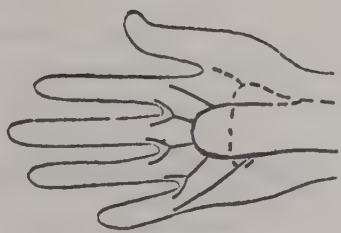


Typ VII : 1,7%
Versorgung der
Finger 2u - 5

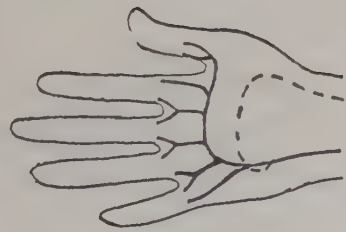


Typ VIII : 4,2%
Keine Versorgung
der Finger 2u - 5

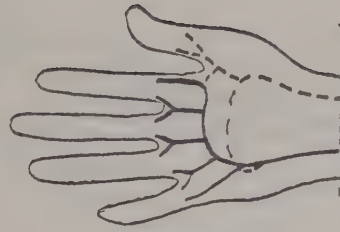
I. Der oberflächliche Hohlhandbogen (mit Einzeichnung der A.radialis)



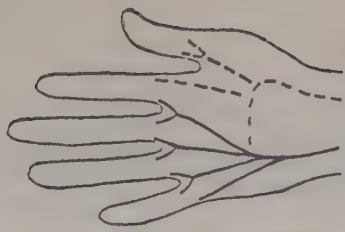
Typ I : 8,5%
das anatomische
Normalbild



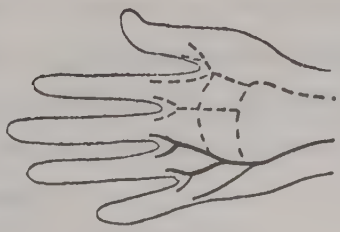
Typ II : 3,4%
Versorgung
aller Finger



Typ III : 3,4%
Versorgung der
Finger 2-5



Typ IV : 32%
Versorgung der
Finger 2u - 5



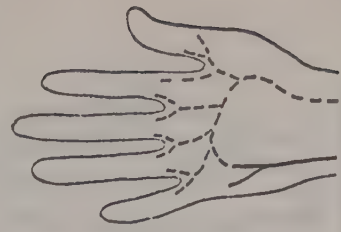
Typ V : 40%
Versorgung der
Finger 3u - 5



Typ VI : 6,8%
Versorgung der
Finger 3u - 5
ohne Anastomosen

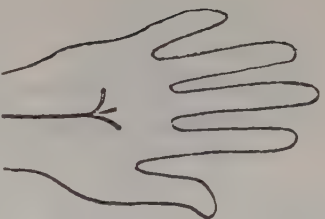


Typ VII : 1,7%
Versorgung der
Finger 4u - 5



Typ VIII : 4,2%
Keine Versorgung
der Finger

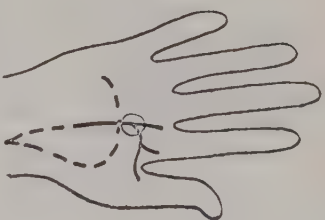
II. die zusätzlichen Variationsmöglichkeiten



Zusatzform I : 2,5%
A. mediana



Zusatzform II : 2,5%
überkreuzende Versorgung



Zusatzform III : 6,8%
Fingerversorgung
direkt aus Ramus
superficialis

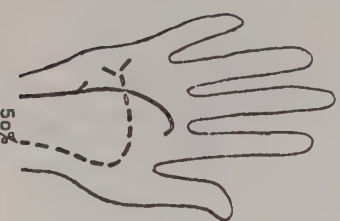


Zusatzform IV: 6,8%
Fingerversorgung aus
Metacarpus dorsalis II

III. Der tiefe Hohlhandbogen



geschlossener Bogen
50%



offener Bogen
50%

Abkürzung: u = ulnare Seite

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- Adachi, B.: Das Arteriensystem der Japaner. Bd. I.
Kenkyusha, Tokyo 1928 S. 382
- Agee, O.F.: Roentgen Anatomy of the Arteries.
Postgrad. Med. 38/4 (1965) A 93
- Allen, E.V.: Thromboangiitis obliterans.
Am. Jour. Med. Sci. 178 (1929) 237
Roentgenography of the Arteries of
the extremities with Thorotrast.
Proc. Staff. Meet., Mayo Clinic.
8 (1933) 61
The peripheral Arteries in Raynauds
Disease.
Proc. Staff. Meet., Mayo Clinic
12 (1937) 187
- Allen, E.V., J.D. Camp: Roentgenography of the Arteries of the
Extremities.
Proc. Staff. Meet., Mayo Clinic
7 (1932) 657
- Arnold: Handbuch der Anatomie des Menschen
Bd. II, 1847, S. 504
- Baader, A.: Über die Varietäten der Armarterien des
Menschen und ihre morpholog. Bedeutung
Inaugural-Dissertation, Bern 1866
- Bardsley, J.L., T.W. Staple: Variations in Branching of the Popli-
teal Artery
Radiology 94, (1970) 581

- Bayer, L.: Beitrag zur vergleichenden Anatomie
der Oberarmarterien
Morpholog. Jahrb. XIX (1893) 1
- Benninghoff, A.,
K. Goerttler : Lehrbuch der Anatomie des Menschen
Bd. II. Urban u. Schwarzenberg,
München-Berlin 1960
- Berberich, F., S. Hirsch: Die röntgenographische Darstellung der
Arterien und Venen am lebenden Menschen
Klin. Wschr. (1923) 2226
- Besa, G., Eppinger S.,
Violani, M.: Etude angiographique de l'avant-bras
et de la main chez le sujet normal en
éveil et sous narcose
Ann. Radiol. 9 (1965) 191
- Bonte G., Cecile J.-P.
Picard J.-D.: Arteriographie du membre supérieur et
de la main
Ann. Radiol., 3 (1970) 1
- Braedel, H.U.: Arteriographischer Nachweis einer Ge-
fäßanomalie des rechten Beines
Fortschr. Röntgenstr. 95 (1961) 412
- Breme, G.: Casuistischer Beitrag zur Kenntnis
Anomalien der Armarterien
Z. Morph. u. Anthropol. 1 (1899) 483
- Brooks, B.: Intraarterial injektion of sodium
iodine
J. Amer. med. Ass. 82 (1924) 1016

- Brownung, H.C., D.E.Morton: Blood supply, arterial pattern
Yale J. Biol. u. Med. 28 (1955) 37
Radial and ulnar arterial anastomosis
in the Hand.
Anat. Rec. 118 (1954) 284
- Calenow, Leonid: Angiography of the Hand. Guidelines for
Interpretation.
Radiology 102 (1972) 331
- Clara, M.: Entwicklungsgeschichte des Menschen.
Quelle u. Meyer, Heidelberg 1949 S.274
- Coleman, S.S., Anson, B.J.: Arterial patterns in the hand based
upon a study of 650 specimens.
Surg.gynec.Obstet.113 (1961) 409
- Conway, H., R.B. Stark: Arterial vascularisation of soft tissues
of Hand.
J.Bone Joint Surg. 36-A (1954) 1238
- Mc Cormack, L.J.,
E.W. Cauldwell, B.J.Anson: Brachial and Antebrachial Arterial
Patterns a Study of 750 Extremities.
Surg.Gynec. and Obst. 96 (1953) 43
- Dallmann, M.J.: Nomenclature of the brachial artery
branches in the antebrachium of the
domestic cat und dog.
Zbl.Veterinaarmed. 17 (1970) 364
- Davis, P.L.: Congenital absence of the superficial
volar arch: an arteriographic study.
Radiology 31 (1938) 137
- Dieulafe, R.: Un cas D'anomalies arterielles.
Ann.anat.path.,Par.8(1931) 661

- Edwards, E.A.:
 Organization of the small arteries of
 hands and digits.
 Amer.J.Surg.99 (1960) 837
 The anatomy of collateral circulation.
 Surg.Gynec. u.Obst. 107 (1958) 183
 Nail changes in funktional and organic
 arterial disease.
 N.Engl.Med.J. 239 (1948) 362
 Varieties of digital ischemia and
 their managment.
 N.Engl.Med.J. 250 (1954) 709
- Erikson, U.:
 Peripheral arteriography during
 bradykinin induced vasodilatation.
 Acta radiol (Stockh.) 3 (1965) 193
- Fernström, J., Lindblom,K.
 Simulaneous Stereoangiography.
 Acta Radiol. 44 (1955) 230
- Fontaine, R., P.Walter,
 Enseignement de l'arteriographie.
 J.Radiol.Electrol. 36 (1955) 398
- M.Kim, R. Kieny:
 Angiographie der Gliedmaßen.
 Langenbeck Arch.Klin.Chir.282(1955)413
- Fontaine, R.:
 L'Artérite digitale Spontane's à
 propos de 55 Observations personnelles.
 Lyon Chir. 57 (1961) 174
- Frank, O.,W.Alwens:
 Kreislaufstudien am Röntgensschirm.
 Münch.Med.Wschr. 57 (1910) 950
- Göbbeler, Th., E.Löhr,
 Das path.Gefäßbild der Handarterien.
 O. Fiebach:
 Ein differentialdiagnostischer Beitrag.
 Fortschr.Röntgent. 120 (1974)444

- Gremmel, H., W. Schulte - Arterielle Kontrastmitteldarstellung
Brinkmann, R. Becker: patholog. Prozesse an den oberen
Extremitäten
Fortschr. Röntgenstr. 112 (1970) 703
- Hafferl, A.: Lehrbuch der topographischen Anatomie.
Springer, Berlin - Göttingen- Heidelberg
Springer 1953
- Haller, A.: Incones anatomicae.
Fasciculus VI. A. Vandenhoek, Göttingae
1753 S. 24
- Haschek, E., O. Th. Lindenthal: Ein Beitrag zur praktischen Verwerthung
der Photographie nach Röntgen.
Wien. Klin. Wschr. 9 (1896) 63
- Hasse, H. M.: Kriterien der Arteriographie der oberen
Extremitäten. In: Angiographie und ihre
Leistungen.
Thieme, Stuttgart 1968, S. 18
- Hasse, H. M., J. Raiser, Klinische und angiographische Kriterien
M. Raiser: der Digitalarterienverschlüsse.
Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch. 34
(1968) 323
- Henle, J.: Handbuch der Gefäßlehre des Menschen.
2. Aufl. Vieweg, Braunschweig, 1876,
S. 143
- Henniges, D., E. Zeitler: Angiographie der Füße.
Fortschr. Röntgenstr. 118 (1973) 663
- Herget, R., P. Alnor: Experimentelle Untersuchungen über den
Einfluß eines thrombosierenden Arterien-
abschnittes auf den Kollateralkreislauf
Bruns`Beiträge z. Klin. Chir. 187 (1953) 212

- Hermann, H.: Erste Hand-Arteriographie 1896
Münch. Med.Wschr.107 (1956) 2259
- Isfort, A.,A. Wohlgemuth: Beitrag zu den Durchblutungsstörungen
der Finger.
Fortschr.Röntgenstr.102 (1965) 673
- Jatschinski, S.N: Morphologie u.Topographie des Arcus
volaris sublimis und profundus.
Anat.Hefte 7 (1897) 163
- Jones, F.: The Principles of Anatomy as in the
Hand.
Bailliere, Tindall and Cox., London
1944, S. 370
- Kappert, A.: Lehrbuch und Atlas der Angiologie.
Hans Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1969
- Kenesi, C.: Arterial Blood supply of the Hand.
Arch.Anat.Path. (Paris) 15 (1967) 99
- Klostermeyer, W.: Über arteriographische und patholo-
gisch-anatomische Schlagaderverände-
rungen bei peripheren Durchblutungs-
störungen.
Neue med. Welt 2 (1950) 948
- Krause, W.: Henles Handbuch der Gefäßlehre.
Vieweg, Braunschweig 1868, S. 277
- Langeron, P, L.Croccel, G. Routier: Syndromes de diversion circulatoire
du membre supérieur.
Presse méd. 73 (1965) 767
- Lampe, E.: Die chirurgische Anatomie der Hand.
Ciba Pharmacentical 21 (1969) 3

- Lanz, T., W.v. Wachsmuth: Praktische Anatomie Bd.I Tl. 3
Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg
1959, S. 213
- Laws, J.W., R.A. Elsallab, J.T. Scott: An arteriographic and histological
study of digital arteries. The digital
artery design in rheumatoid arthritis:
further observations.
Brit.J.Radiol. 40 (1967), 740
- Leb, A.: Die Röntgen-Serienvasographie des
periarticulären Gefäßapparates bei der
rheumatischen Polyarthrose.
Fortschr.Röntgenstr. 75 (1951) 251
- Leonhardt, H., K.G. Loose: Die Bedeutung der Angiographie für
den anatomischen Unterricht. In:
Angiographie und ihre Leistungen.
Hrsg.von K.E. Loose.
Thieme, Stuttgart 1968, S.218
- Lippert, H.: Arterienvarietäten
Beilagetafeln zur Med. Klinik
1967 - 1969
Probleme einer Systematisierung der
Arterienvarietäten.
Angiographie und ihre Leistungen
Stuttgart G. Thieme 1968, 233
Geschichte der Anatomie: Die letzten
100 Jahre
Med.Klin.61 (1966) 1899

- Loöse, K.E.: Beobachtungen über das Verhalten von Kollateralen bei Gefäßverschlüssen. Chirurg 26 (1955) 152
- Lynn, R.B., E. Steiner, F.R. van Wyk: Arteriographic appearances of the digital arteries of the Hand in Raynaud`s disease. Lan cet (1955) 471
- Markes, J.E., J.B. Wray: Circulation of the hand, injection-corrosion studien. J. Bone Surg. Am. 41 A (1959) 673
- Marshall, T.R.: Handarteriographie: preliminary studies Angiology 16 (1965) 767
Handarteriography. Radiology 86 1966, 299
- Martin, P., R.B. Lynn, J.H. Dible, J. Aird: Peripheral Vascular disorders. E.S. Livingstone Ltd., Edinburgh - London 1956 S. 105
- Mendlowitz, M.: The digital Circulation. Grune and Stratton, N.Y. 1954
- Meyer, E.: Eingriffe an den Blutgefäßen im Bereich von Arm und Hand. Allgemeine und spezielle chirurgische Operationslehre Springer, Heidelberg 1972, S. 374
- Müller, E.: Beiträge zur Morphologie des Gefäßsystems. Die Arterien des Menschen. Anat. Hefte 22 (1903) 379
" " 27 (1905) 73
" " 35 (1908) 555

- Murakami, T.: On the position and course of the deep palmar arteries, with special reference to the so-called palmar metacarpal arteries.
Okajima Fol.Anat. Jap. 46 (1969) 177
The Origin, Course and Distribution of arteries to the Thumb.
Okajima Folia Anat. Japan 46 (1969) 123
- Paessler, H.W.: Der Verlauf der Stammarterien im Bereich des Kniegelenkes und des Fußgelenkes.
Röntgen Bl. 16 (1963) 177
- Pirker, E.: Die Röntgenanatomie von Arterienvarietäten an den unteren Extremitäten und ihre Häufigkeit.
Fortschr.Röntgenstr. 112 (1970) 731
- Ratschow, M.: Angiologie. Hrsg. v.W.Schoop, G.Geberer, G. Rau.
Stuttgart G. Thieme, 1974
- Schwalbe, E.: Über die Varietäten der menschl. Arterien. Mediana
Inangural-Dissertation
Heidelberg 1895
- Scott, J.T.: The digital artery design in rheumatoid arthritis.
Br.J.radiol. 40 (1967) 748
- Seeliger, H., H.Schopper: Die arterielle Verschlusskrankheit der Fingerarterien (Morphologie u. Pathogenese)
Virchow.Arch.Abt. A.Path.Anat. 347
(1969) 327

- Seldinger, S.J.: Arteries of Extremities
Handb.Med.Radiologie Bd.X/3.1964, S.400
- Sgalitzer, M.: Unterscheidung organischer und funktioneller Erkrankungen der Extremitätenarterien durch die Röntgenuntersuchung.
Das "Doppelinjektionsverfahren"
Fortschr. Röntgenstr. 56 (1937) 387
- Singer, E.: Embryological pattern persisting in the arteries of the arm.
Anat. Rec. 55 (1933) 403
- Sobotta, J.,H.Becher: Atlas der Anatomie des Menschen. Bd.III
Urban u. Schwarzenberg, München 1962
- Spalteholz, W.,R.Spanner: Handatlas der Anatomie des Menschen
II. Teil
Scheltema u. Holkema, Amsterdam 1961
- Strickland, B.: Digital arteriography with reference to nail dystrophy.
Brit.J.Radiol. 36 (1963) 465
- Stuhl, L.: L'Arteriographie du membre supérieur.
Presse med. 72 (1964) 9
- Takaro, T.,E.A. Hines: Digital arteriography in occlusive arterial disease and clubbing of the fingers.
Circulation 35 (1967) 682
- Tandler, J.: Zur Anatomie der Arterien der Hand.
Anat. Hefte 7 (1897) 263
- Töndury, G.: Angewandte und topographische Anatomie.
Thieme, Stuttgart 1959

- Vogler, E., Goldmann, F.: The significance of the terminal arculation in the development of vascular disease and disturbances of blood flow.
Angiology 6 1955 540
The significance of terminal circulation.
Angiology 6 (1955) 540
- Vollmar, J.: Sonderformen des umschriebenen Riesenschwammes.
Ergebn. Chir. Orthop. 43 (1959) 242
- Wagner, H.H.: Arteriographische Untersuchungen bei rheumatoider Arthritis.
Fortschr. Röntgenstr. 108 (1968) 368
- Wagner, H.H., K. Alexander, R. Fricke: Arteriographische Untersuchungen bei Gelenkerkrankungen
Thieme Stuttgart 1971, S. 29
- Weatherby, H.T.: The artery of the index finger
Anat. Rec. 122 (1955) 57
- Wegelius, U.: Angiography of the hand. Clinical and postmortem investigations.
Acta radiol. Suppl. 315.
- Wegelius, U., P. Soila: Brachialisangiographie.
Röntgen.-Bl. 18 (1965) 513
- Wertheimer, P., Sautot: Les obliterations arterielles chroniques et spontanées des membres supérieures.
Presse med. 56 (1958) 1160

- Winslow, J.B. Expositions anatomique de la
Structure du corps humain.
Tom, Troisieme.
E.Desprez, Paris 1753, S. 39
- Zinicola, N, V.Maglulo,N, Osservazioni angiografiche sul circola
Giovanni, V. : collaterale nelle arteriopatie oblite-
ranti dell'arto sup.
Rass. ital.Chir.Med. 1960
- Zuckerkindl, E.: Zur Anatomie und Morphologie der
Extremitätenarterien.
Sitzg. Ber.K.Akad.d.Wissensch.Wien
Math.-naturw.Klasse 116 (1907) 459
Über die tiefen Mohlhandäste der
Arteria ulnaris.
Anat.Hefte 6 (1896) 533
- Zeitler, E.: Das angiographische Bild der Thromban-
gitis obliterans.
Vortrag österr. angiolog.Ges.
Wien 6.3.1971

Ich danke Herrn Prof. Dr. E. Zeitler für die freundliche Überlassung des Themas, für seine Hilfe und Anregung sowie für die Möglichkeit, an seiner Abteilung zu arbeiten.

L E B E N S L A U F

Ich wurde am 11.3.1941 als Sohn des Dr. med. Heinz Hüring und seiner Frau Hermgild, geb. Euler, in Soest in Westfalen geboren.

Von 1947 - 1951 besuchte ich in Soest die Volksschule und anschließend bis zum Jahre 1960 den altsprachlichen Zweig des Staatlichen Archi-Gymnasiums am gleichen Ort. Im Jahre 1960 legte ich an diesem Gymnasium die Reifeprüfung ab.

Mit dem Studium der Medizin begann ich im Sommersemester 1960, die ärztliche Vorprüfung bestand ich 1963 an der Universität in Bonn. Meine klinischen Semester verbrachte ich an den Universitätskliniken in Köln und beendete die ärztliche Prüfung im Dezember 1966.

Meine Medizinalassistentenzeit wurde an der Universitätsnervenklinik in Köln, auf der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses Porz am Rhein, auf der gynaekologischen Abteilung des Elisabeth-Krankenhauses Köln und an der Med. Klinik der Universität des Saargebietes Homburg abgeleistet.

Meine röntgenologische Assistentenzeit begann ich 1970 bei Herrn Prof. Dr. Zeitler an der Aggertalklinik, der an mich auch das Thema dieser Arbeit vergeben hat.

Zur Zeit bin ich am Strahleninstitut der Krankenanstalten Neuss bei Herrn Prof. Dr. Swart tätig.

Heinz Hüring

